Postverlagsort Leipzig

DIE NATURWISSENSCHAFTEN

UNTER MITWIRKUNG VON

A. BUTENANDT, BERLIN-DAHLEM · P. DEBYE, BERLIN-DAHLEM · F. K. DRESCHER-KADEN, GÖTTINGEN · H. v. FICKER, WIEN · R. GRAMMEL, STUTTGART
O. HAHN, BERLIN-DAHLEM · M. HARTMANN, BERLIN-DAHLEM · F. KÖGL, UTRECHT · M. v. LAUE, BERLIN · E. v. d. PAHLEN, POTSDAM
F. SAUERBRUCH, BERLIN · H. SPEMANN, FREIBURG I. BR. · H. STILLE, BERLIN · F. v. WETTSTEIN, BERLIN-DAHLEM

HERAUSGEGEBEN VON

FRITZ SÜFFERT

ORGAN DER GESELLSCHAFT DEUTSCHER NATURFORSCHER UND ÄRZTE
UND
ORGAN DER KAISER WILHELM-GESELLSCHAFT ZUR FÖRDERUNG DER WISSENSCHAFTEN

VERLAG VON JULIUS SPRINGER IN BERLIN W 9

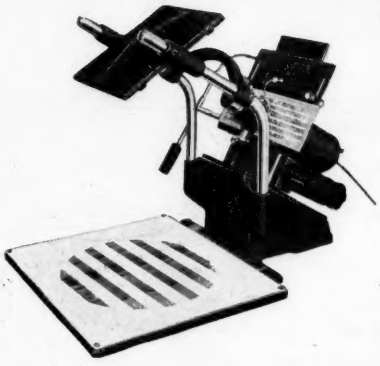
HEFT 24/25 (SEITE 345–376) · 13. JUNI 1941 · 29. JAHRGANG

INHALT:

Walther Vogt zum Gedächtnis. Von H. Bautzmann. (Mit 1 Porträt) 345
Biologische und aerodynamische Probleme des Tierfluges. Von Erich v. Holst und Dietrich Küchemann. (Mit 16 Figuren) 348
Kurze Originalmitteilungen:
Versuche über Impfung von Kaninchen gegen aviäre Tuberkulose. Von Gösta Widström . 362
Die Lokalisation der Adenylnukleotide in der quergestreiften Muskelfaser. Von T. Caspersson und B. Thorell 363
Bemerkung zu der Arbeit von K. H. Meyer „Über die Anordnung der Glucosereste im Glykogen". Von H. Staudinger und E. Husemann 364
Ein Papillom-Virus aus Kaninchenhaut. Von R. Danneel. (Mit 2 Figuren) 364

Fortsetzung des Inhaltsverzeichnisses siehe II. Umschlagseite!

FUESS



Spektren-Meß-Projektor

mit horizontaler Projektionsfläche. Vergrößerung 10fach oder 25fach. Die Linienabstände werden durch eine Meßschraube bestimmt (0,01 mm). Das Gerät ist für die Technische Spektralanalyse unentbehrlich

Wellenlängen-Tafeln

Fordern Sie neue Druckschriften:

Ausrüstungsvorschlag 152

Spektrographen u. Zubehör für die Werkstoffspektralanalyse

Ausrüstungsvorschlag 153

Zweiprismen-Spektroskop mit Photometer-Fernrohr nach Scheibe für die visuelle Schnellan alyse.

R FUESS BERLIN-STEGLITZ

R. FUESS · BERLIN-STEGLITZ

Fortsetzung des Inhaltsverzeichnisses:

Über die Oberflächenenergie von Metallkristallen. Von R. FRICKE 365
d-Peptid-Spaltung durch Enzympräparate pflanzlicher Herkunft. Von E. BAMANN und O. SCHIMKE 365
Über ein neues bei der bakteriophagen Lyse auftretendes Formelement. Von H. RUSKA. (Mit 3 Figuren) 367
Untersuchung über das „19-Minuten"-Isotop von Molybdän und das daraus entstehende Isotop von Element 43. Von W. MAURER und W. RAMM 368
Über die bei der Uranspaltung auftretenden Molybdän-Isotope. Von OTTO HAHN und FRITZ STRASSMANN 369
Über substratspezifische Dipeptidasen. Von ERNST MASCHMANN 370
Über Halleffektsmessungen am Selen. Von F. ECKART und A. KITTEL 371
BESPRECHUNGEN:
BRINKMANN, ROLAND, Emanuel Kaysers Abriß der Geologie. 1. Band, Allgemeine Geologie. 6., gänzlich neu bearbeitete Auflage. (Ref.: Hans Stille) 371
DOTTERWEICH, H., Das Biologische Gleichgewicht und seine Bedeutung für die Hauptprobleme der Biologie. (Ref.: Wilhelm Ludwig) 371
Arbeitstagung des Kaiser-Wilhem-Instituts für Metallforschung in Stuttgart. (Ref. O. Kubaschewski) 372
GESELLSCHAFT FÜR ERDKUNDE ZU BERLIN: Reisen in Hadramaut. Wirtschaftsgeographische Eindrücke einer Weltreise 1938/1939. Scylla und Charybdis und die Gezeitenströmungen in der Straße von Messina. (Ref. Kurt Kaehne) . . . 374

BEZUGSQUELLEN

SPEKTRALAPPARATE

J. D. Möller G. m. b. H., Wedel/Holstein

Zur Zeit

ist Anzeigen-Preisliste

Nr. 4 gültig

Anleitung zur organischen qualitativen Analyse

Von

Dr. **Hermann Staudinger**

o. ö. Professor der Chemie, Direktor des Chemischen Universitätslaboratoriums Freiburg i. Br.

Dritte, neubearbeitete Auflage

unter Mitarbeit von

Dr. **Werner Kern,** Frankfurt a. M.

Dozent für organische Chemie,
ehemals Unterrichtsassistent am Chemischen Universitätslaboratorium Freiburg i. Br.

XVI, 157 Seiten. 1939. Steif geheftet RM 6.90

VERLAG VON JULIUS SPRINGER IN BERLIN

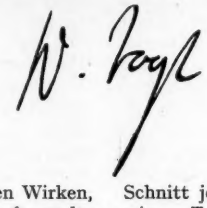
DIE NATURWISSENSCHAFTEN

29. Jahrgang | 13. Juni 1941 | Heft 24/25

Walther Vogt zum Gedächtnis.

Von H. Bautzmann, Hamburg.

Als uns, die Schüler und Freunde seiner wissenschaftlichen Arbeit, die Nachricht erreichte, daß Walther Vogt nicht mehr war, da überkam uns eine Trauer, die um so fühlbarer ist, als hier eine besondere Tragik wiederum das Leben eines Mannes weit vor der Höhe seine Vollendung endete. Als Walther Vogt dem Freunde gleicher Forschungs- und Arbeitsweise, seinem Lehrer, dem Würzburger Anatomen Hermann Braus, der mit kaum 57 Jahren abberufen worden war, Worte des treuen Gedenkens widmete, da ahnte er nicht, daß er damals fast genau das umriß, was uns bei seinem schon bald nach dem 53. Geburtstage erfolgten Ableben (17. III. 1941) so besonders schmerzlich berührt: „Der Tod hat einen Riß getan, der weite Kreise erschüttert; jählings für die Außenstehenden, die den bedeutenden Forscher und Lehrer mitten im vollen Schaffen wußten, allzu rasch und erbarmungslos für die, die ihn umgaben, die seine Gefährdung durch schwere Krankheit . . . kannten oder fürchten mußten, zu früh für sein Werk. Der deutschen und ausländischen Anatomie ist einer der Besten entrissen, der Studentenschaft ein überaus beliebter und verehrter Lehrer, der Medizin ein Mittler zwischen Wissenschaft, Erziehung und praktischem ärztlichen Wirken, der Naturwissenschaft ein Biologe von umfassender schöpferischer Kraft."



In dankbarer Erinnerung an einige reiche Arbeitsjahre (1927—1932) in seiner damaligen Münchener Abteilung will ich an dieser Stelle versuchen, wenigstens ein paar Hinweise zu geben, die den Schwerpunkt seines Seins und Schaffens andeuten, welcher — neben all dem vielen anderen, das getan oder geplant war — in seiner kausalanalytischen Erforschung der frühen Entwicklungsvorgänge am Wirbeltierkeim gelegen ist. Schon vor dem Weltkriege — und zeitweise wieder unterbrochen durch seinen Heeresdienst — entwickelt sich seine Vorliebe und zugleich jene unvergleichlich zähe Stetigkeit, mit der er sein Forscherleben lang die Dynamik „lebender Bewegungsformen" (1913) zu erfassen, zu beschreiben und exakt zu bestimmen, fast bis zuletzt nicht mehr müde wird. Zum Angelpunkt seiner Bemühungen wird ihm die Frühentwicklung. Es fesseln ihn vor allem anderen die Formbildungsvorgänge der Gastrulation an sich, wie auch im Zusammenhang mit der Frage, ob und in welcher Weise etwa gewebliche Ausbildung, Zelldifferenzierung und Wachstum zur Formbildung in Beziehung stehen möchten. Ohne jemals die seit fast 100 Jahren geübte Art der Analyse am toten, histologisch zerlegten Objekt gering zu achten — Vogt hat meisterhafte Beweise dieser schweren Kunst erbracht, welche den besten klassischen Untersuchungen jener Art an die Seite gestellt werden müssen —, warnt ihn doch sein nahezu unfehlbarer Instinkt, die Analyse am Schnitt jemals anders zu üben als zur Lösung gewisser *Teil*probleme, die auch heute noch ihre Domäne bleiben.

Um das *Ganze* der Bewegung zu erfassen, ihren amöboiden Fluß, wie er es so gerne nannte, drängte es ihn vielmehr, sich selbst als Beobachter besser in das lebende Geschehen einzuschalten, als es bisher möglich gewesen war. Seine Methode wurde

das gestaltungsanalytische Experiment; und darin begeht er nun — wie bezüglich der histologischen Methode auch — jene Wege zunächst nur mit vorsichtigster Zurückhaltung, welche, wie die von HANS SPEMANN 1916 eingeführte embryonale Transplantation, in dessen Händen erwiesenermaßen fruchtbarste Entscheidungen über die *induktive kräftemäßige* Verknüpfung von Entwicklungsvorgängen zu treffen vermochten; aber WALTHER VOGT, der die Transplantation selbst in subtilster Weise beherrschen lernte, erkannte mehr als andere, daß selbst bei diszipliniertester Strenge gegen sich selbst unter diesem Vorgehen der Beobachtung des reinen Gestaltungsablaufs *für sich* Verführungen erwachsen können, die allzu leicht in Sackgassen oder gar auf Irrwege geraten lassen. W. VOGTS hauptsächlichstes Experimentalverfahren darf man mit BRAUS' Worten wohl als das *deskriptive* bezeichnen. Er trachtet bewußt, die Gefährdung auszuschalten, welche die Reinheit der Beobachtung der strömenden Gestaltung stören kann, weil Dislokationen im Keimgefüge durch Änderungen im Wirkungsgefüge der vermittelnden Kräfte auch Ablenkungen der Gestaltungswege bedeuten.

Niemand ist dankbarer gewesen als der Meister in der Aufspürung dieser vermittelnden Induktions*kräfte* HANS SPEMANN (dem VOGT seinerseits bereits wichtige Aufschlüsse über den Gestaltungsweg verdankte!), daß VOGTS Methode der vitalen Farbmarkierung mit Hilfe farbgetränkter Agarstückchen (1925 zusammenfassend dargestellt) nach getaner langer mühevollster Kleinarbeit, über eine notwendige fruchtbare Kritik des Bisherigen weit hinausgehend, zu jenem von uns allen damals so ersehnten Standardwerk über die Gestaltungsanalyse der Gastrulation und Mesodermbildung der Urodelen und Anuren führte; H. SPEMANN hat es freudig als wahrhaft klassischen Markstein auf dem Weg der Entwicklungsphysiologie angesprochen. Für alle Zeiten hat dies starke Werk W. VOGTS wissenschaftlichen Ruhm fest gefügt: denn keiner, der seitdem, heute oder in Zukunft irgendwie an Fragen der Frühentwicklung interessiert ist, kann an dieser ebenso tiefen, umsichtigen wie sorgfältigen Arbeit vorübergehen, welche die „Rückprojektion der Embryonalanlagen auf Keimbezirke durch direktes Verfolgen der Materialverwendung" (1929) bei gänzlich ungestörter Entwicklung, wie sie eben nur *seine* Methode ganz garantiert, in so vollendeter Weise erbrachte. Wo immer man in die einschlägige Literatur Einblick nehmen mag, zu Hunderten von Malen findet man in Arbeiten aus den Laboratorien aller Welt VOGTS topographische Anlagekarten zugrunde gelegt und abgebildet. Sie erst haben dazu verholfen, den Grad der letzten Sicherheit der Beurteilung auch beim anderen Experiment, dem *Induktions*versuch SPEMANNS und seiner Schüler, so gewaltig zu steigern und jene früher allzuoft empfundenen Unsicherheiten herabzusetzen, denen sich auch der gute Kenner der Verhältnisse bisher immer noch unterworfen sah, der die Analyse vom Feineren zum Feinsten vorwärtstreiben wollte.

VOGTS Vorgehen ist bekanntlich das, den in ihrer innersten Hülle (Dotterhäutchen) belassenen und darum gegen Verletzungen und Infekte noch weitgehend geschützten jüngsten Keimen einzelne, mehrere, ja ganze Serien und Muster von blauen (Nilblausulfat) oder roten (Neutralrot) Marken durch viertelstündiges leichtes Andrücken vitalfarbengetränkter winziger Agarplättchen in jeder gewünschten Anordnung einfach „aufzustempeln", ihre Mitwanderung dann zu beobachten und durch diesen ingeniösen Griff 20, 30 oder mehr Teilbezirke *gleichzeitig* durch die Phasen des ganzheitlich abrollenden Gestaltungsvorganges zu verfolgen. Das war genau das, was sich 1874 WILHELM HIS in seinen entzückenden, kleinen entwicklungsgeschichtlichen Essays, den „Briefen an einen befreundeten Naturforscher" „über unsere Körperform und das physiologische Problem ihrer Entstehung" einst erträumt hatte. Gewiß, es hatte auch vor VOGT Bemühungen in dieser Richtung gegeben; um nur ein Beispiel unter vielen zu nennen: FRIEDRICH KOPSCH hatte — etwa so, wie man den Verlauf der Gestirne in der Himmels-Dauerphotographie in Richtung und Schnelligkeit aus den Linien ermessen kann, die sie auf die photographische Platte einschreiben — die natürliche Wanderung an die Gastrulazellen gebundener Pigmentfleckchen auf ähnliche Weise mit großem Erfolg photographisch untersucht. Aber VOGTS Methodik reicht räumlich viel weiter! Sie erfaßt auch das Innere der Keime; und wo die äußere Beobachtung notwendig ihr natürliches Ende findet, da trat die Präparation am vitalmarkierten Keim in ihre Rechte, welche die Farbmuster bis in jede noch so verborgene Nische aufdeckt und welche VOGT meisterlich beherrschte. Es gelang ihm auch bereits, einen später von anderen verbesserten Weg aufzufinden, fixatorisch die Marken in den histologischen Schnitt hinüberzuretten, der die präparativ erzielte Schau zu erweitern und bis zur Einzelzelle zu präzisieren erlaubt.

Die Liebe zu allem feinsten Technischen und eine unbestechliche Beobachtungsgabe lagen WALTHER VOGT im Blute. Man sah dies an den beseelten, nervigen, schönen Händen wie an der Bestimmtheit, mit der seine ausdrucksvollen Augen blickten. Das waren zugleich Augen eines Forschers und Künstlers! Gelegentlich konnten sie von einem ganz besonderen Zauber sein, und man sah sie dann in einer begeisternden Frische die Welt seiner Dinge in sich aufnehmen. Es fiel ihm leicht, schwierigste Raumverhältnisse verwickelter Gestalten zu durchdringen und zu lösen. Plastisches durch die Gebärde seiner ausdrucksreichen Hände vor dem Zuhörer erstehen zu lassen, war eines seiner stärksten Bildungsmittel im akademischen Unterricht. Zweifellos war seine Begabung zur Beherrschung und Mitteilung des Plastischen eine Sonderfähigkeit seiner durchaus künstlerischen Natur: einst sah ich ihn im Spiel mit seinen Kin-

dern im Schnee modellieren; aus dem Spiel glitt er in einen Zustand heiterer Freude, und es entstand dann etwas, das uns einem Maillol aus Marmor nahezukommen schien. So ist wirklich, wie ich glaube, auch ein Plastiker an ihm verlorengegangen. Seine *zeichnerische* Begabung richtete sich scharf auf Klarheit, Abstraktion und Versinnbildlichung von Bewegungen: in seinen Zeichnungen herrschte der dynamische Pfeil. Von einer selten glücklichen Mischung aus Klarheit im Ausdruck für das Schwierigste und Abgezogenste mit einer Wärme und modulationsfähigsten Klanglichkeit zur Suggestion der Massen und Qualitäten alles Dinglichen war seine langsam fließende, wundervolle Sprache; ganz besonders dann, wenn ihm, der jeder Pathetik abhold war, Wort für Wort aus dem Gegenstand geboren wurde, und wenn er, etwa in Vorträgen, sich um die Klärung entscheidender Überschneidungen antithetischer Deutungen mühte; wenn beispielsweise das alte Problem „Präformation *oder* Epigenese", „Mosaikentwicklung *oder* Regulation" zur Diskussion stand, wie er es in überzeugender formlicher Schönheit und prägnanter Kürze, den Blick immer aufs Wesentliche gerichtet, in einem Vortrag vor der Zoologischen Gesellschaft 1928 getan hat. Ein Versuch wie dieser, wegen des Ausfalles des Hauptreferenten ganze 5 Tage vor dem Kongreß von ihm erbeten, vermochte seine Darstellungsfähigkeiten zu einer souveränen Höhe zu steigern. Es will mir wie ein Symbol dieses königlichen Strebens erscheinen, wenn er sich so manches Mal als ernster Freund der Bergwelt in schwierigen Erstbesteigungen zur Höhe durchkämpfte. Das Wagnis war ihm befruchtendstes Lebenselement und Gegengewicht gegen manche Müdigkeit, zu der seine Natur neigen konnte: „Es sind doch Bergsteiger unter Ihnen!" So leitete er einmal die Abschiedsworte an seine Studenten ein, als er anklingen lassen wollte, in welchem Sinne er eine neue schwere berufliche Aufgabe zu meistern gewillt war.

In seiner wissenschaftlichen Arbeit verharrte er nun keineswegs eigensinnig allein beim „deskriptiven" Versuch. Das hätte der Weite seines Wollens durchaus widersprochen. Nebenher und zeitweise sehr in den Vordergrund tretend, läuft die andere Seite der Untersuchung über die *Kräfte*, die die Gestaltung treiben und ihre Harmonie sichern. Ich bedaure, in bezug auf alle diese schönen Arbeiten hier nicht näher auf das Sachlich-Inhaltliche eingehen zu können: wie etwa seine *deskriptiven* Arbeiten zahlreiche Vorstellungen ablösen, die früher als gesichertes Allgemeingut galten, wie er darin manchen gewichtigen Gegner übertrifft und wie er dabei auch, wo er sich gelegentlich einmal etwas merkwürdig angegriffen sieht, mit einem Vergnügen eigener Art die sprachlichen Klingen schärft, mit denen er dann, von geistreichem Witz beseelt, einen allzu spekulativen Spuk vertreibt.

Aus seinen zahlreichen Arbeiten zum Fragenkomplex des organisatorischen Geschehens, das ihn SPEMANN wissenschaftlich aufs tiefste verbindet, möge nur *ein* Beispiel erwähnt sein. Ohne chirurgischen Eingriff gelingt es ihm in methodischer Absicht die rechte Hälfte des „Organisators" gegen ihre linke auszuspielen, seine Gesamtfähigkeit physiologisch aufzuspalten, zu dissoziieren: Er unterkühlt, bremst oder stoppt gar die temperaturbedingten Prozesse *einer* Hälfte der Gastrula, während er umgekehrt die der *anderen* durch Überwärmen antreibt. Den entstandenen Konflikt für die Einheit des Gestaltungsmäßigen versteht er aufs klügste zu lesen, und es gelingt ihm seinerseits, die organisatorischen Phänomene SPEMANNscher Prägung von ganz neuem und fruchtbarem Blickpunkt wiederum zu analysieren. Links noch Blastula, rechts schon Neurula, Alterschimären also, das ist das äußere Ergebnis, gewonnen durch eine raffinierte technische Bravour, die aller Rückschläge Herr wird.

Man könnte noch berichten, wie er, der geborene Bastler, mit einfachen Mitteln seine Zeitraffer-Kinokamera zusammenbaut, oder wie unter der Konzeption neuer Gesichtspunkte und neuer technischer Kombinationen mit der *gefilmten* Vitalmarkierung auch diese Wege zu reichen Ernten führen.

Er war nicht ohne Ehrgeiz und von gesundem, starkem Selbstgefühl, und mancher — aber nicht von denen, welche unter ihm arbeiteten — konnte sich vielleicht nicht an die mitunter schwer zugängliche harte Art seines Lebensstils gewöhnen. Aber dieser Ehrgeiz, dieses Selbstgefühl standen immer im richtigen Verhältnis zur Leistung, und ein eingeborener Zwang seiner edlen Natur trieb ihn immer dazu, selbst auf schwierigsten Pfaden zum höchsten Ziele vorzudringen. Denn dies war die Haltung seines ganzen lebendigen Seins: Anspruchsvollste Ritterlichkeit in der Wissenschaft wie im Leben. Ob er für ein gutes wissenschaftliches Ergebnis die geschliffenste Form sucht, ob er ein prachtvoll gemaltes Bild eines alten Holländers liebt, ob er in einer von ihm selbst erbauten Steingartenlandschaft von wirklich besonderen Ausmaßen und überzeugendem Geschmack dem schönsten Ausdruck edelster Pflanzennatur nachgeht, ob es ihn treibt, seinen starken Wagen schnell, knapp, sicher und genußreich zu fahren, wenn es die Reise erfordert, ob er mit einem einstmaligen Schüler den Starnberger See durchkreuzt, wobei ihm das Kentern als 45jährigem noch durchaus dazugehört — immer war er „hart am Wind", — bis ein grausamer Tod dies männliche Leben in tückischer Weise zerbrach — fällte, wie nur der Unverstand eines der reizvollsten und eigenwilligsten Gewächse eines alten Parkbestandes vernichten kann. Für uns aber, die wir das Glück hatten, mit ihm arbeiten zu können, *lebt* WALTHER VOGT durch sein Werk und in unserer Erinnerung. Wir danken ihm und verehren ihn als einen großen deutschen Meister.

Biologische und aerodynamische Probleme des Tierfluges.

Von Erich v. Holst und Dietrich Küchemann, Göttingen.

I.

Unter den Grenzgebieten der Biologie, die sich mit menschlicher Technik berühren, gebührt dem Tierflug eine Sonderstellung sowohl in Anbetracht seiner Bedeutung als auch seiner theoretischen und praktisch-experimentellen Schwierigkeiten. Die Einstellung des Biologen und des Technikers zu dem Gebiet ist naturgemäß verschieden: Beschäftigt den Biologen der historische Werdegang der fliegenden Tierwelt, die Aufklärung der mannigfachen Anpassungen in Bau und Funktion, die natürlich nicht allein den Flügel und seine Bewegungsweise, sondern auch Muskulatur, Nervensystem und Sinnesorgane, Kreislauf und Atmung, genau genommen den ganzen Organismus betreffen —, denn das Fliegen ist eine Hochleistung, die ein Optimum von technischer Durchkonstruktion, Beschaffenheit des Baumaterials und Betriebsökomomie erfordert —, so interessiert den Physiker

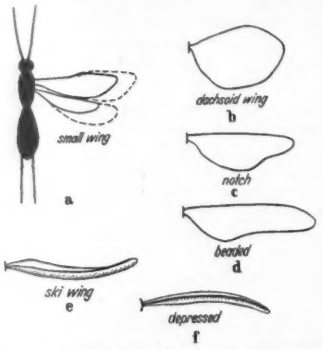


Fig. 1. Einige Beispiele weitgehender Flügeländerungen durch Mutationen bei Insekten: *a*) Schlupfwespe Habrobracon, Verringerung der Fläche auf etwa die Hälfte (der normale Flügelumriß ist gestrichelt angegeben); die Mutante ist flugfähig; *b—d*) Änderungen der Flügelform; *e, f*) (Ansicht von vorne) Änderung der Flügelwölbung bei der Taufliege Drosophila.

der Bewegungsvorgang selbst und die Aufklärung seiner aerodynamischen, allenfalls noch seiner energetischen Seite

Das Aufgabengebiet des Biologen, soweit es anatomische Fragen betrifft, ist erst in großen Umrissen gelöst; im einzelnen bleibt noch viel zu tun. Der Physiologe hat hier völliges Brachland vor sich, dessen Bearbeitung erst an wenigen Stellen begonnen wurde. Wer sich mit anatomisch-physiologischen Fragen an Flugtieren befaßt, muß aber bald bemerken, daß er ohne genauere Kenntnis der physikalischen Seite nicht weiterkommt, daß seine Schlußfolgerungen unsicher oder unmöglich gemacht werden, weil ja so vieles im Organismus hinzielt auf die Bewältigung dieser rein technischen Aufgabe. Aus dieser Not gilt es einen Vorteil zu machen; denn nicht oft bietet sich in der belebten Natur die Möglichkeit, einen Vorgang oder Funktionskomplex einem rein technischen und somit eindeutig erfaßbaren Urteil zu unterstellen. So bekommt, um nur dieses eine herauszugreifen, der soviel umstrittene, oft verpönte und doch unvermeidliche Gesichtspunkt der „Zweckmäßigkeit" einer tierischen Bildung dort sogleich ein bestimmteres Aussehen, wo die biologische Zweckmäßigkeit zu einer technischen wird. Um ein für die heutige Genetik aktuelles Beispiel zu geben, können wir — Kenntnis der aerodynamischen Gesetzmäßigkeiten vorausgesetzt — bei Mutationsschritten, die den Flügel, seine Größe, Form, Elastizität, Beborstung usw. betreffen und deren bei Insekten eine Fülle bekannt sind (s. Fig. 1), sogleich sagen, unter welchen Außenbedingungen (Flugbedingungen) der Träger der neuen Anlage ceteris paribus anders („besser" bzw. „schlechter") dastehen wird als die Ausgangsform; eine Aussage, die für die Beurteilung der Bedeutung dieser Abänderung für ihren Träger entscheidend wichtig ist.

Der technische Gesichtspunkt bekommt für den Biologen bei der vergleichenden Untersuchung der Mannigfaltigkeit tierischer Flugorgane in zwei Zusammenhängen besonderes Interesse: Erstens dort, wo er mit dem historischen in Konkurrenz tritt, indem Ausgangsmaterial und Entwicklungsmöglichkeiten der Anpassung an ersichtlich „angestrebte" technische Ziele Grenzen setzen — und hier bleibt immer erstaunlich, wie weit diese Grenzen von der Natur hinausgeschoben werden, wie wenig der stammesgeschichtlich bedingte „Ballast" einen Hemmschuh technischer Vervollkommnung darstellt. Viele Beispiele werden wir kennenlernen. — Zum zweiten sind alle jene Fälle von Interesse, wo der Flügel gleichzeitig Objekt einer Anpassung an andere, nicht flugtechnische Aufgaben ist, wo er weiteren Lebensäußerungen dienen oder sie wenigstens nicht behindern soll.

Die Aufgabe des mechanischen Schutzes z. B. spielt bekanntlich bei Insekten eine große Rolle, wo entweder eine enge gegenseitige Korrelation von Körper- und Flügelform (z. B. bei manchen Wanzen) oder eine einseitigere Anpassung eines Flügelpaares, das damit als Flugorgan mehr oder weniger ausscheidet, an die Schutzfunktion die Folge ist (z. B. bei vielen Käfern). Neben den mechanischen tritt häufig der optische Schutz, wobei auf vielfältigen Entwicklungswegen auch die Flügel mit ergriffen werden können. Die dabei auftretenden Formänderungen beeinflussen notwendig das Flugvermögen und zwingen vielfach zu seiner Aufgabe — ein Verzicht, der in all den Fällen verständlich wird, wo der Flug nicht der Nahrungssuche oder der Fortpflan-

zung, sondern vor allem der Flucht dient, also im Falle einer Tarnung durch ein unvergleichlich sparsameres Mittel ersetzt und damit überflüssig wird. Fig. 2 gibt für das Gesagte einige Stichproben aus der Gruppe der Heuschrecken. Das vergleichende Studium solcher Übergangsformen mit rückschreitender Flugfähigkeit wird besonders reizvoll dadurch, daß hier, wie auch sonst so oft, die Funktion der Form vorauseilt, d. h. Formen physiologisch fluguntüchtig sind, für die ein Fliegen, technisch-anatomisch gesehen, durchaus noch in Frage käme, und weiterhin dadurch, daß rudimentäre Flugorgane immerhin noch andere Verwendung (z. B. als „Schreckmittel" durch plötzliches Ausbreiten) finden können. Für die vergleichende biologisch-physiologisch-aerodynamische Untersuchung bietet sich hier ein weites Feld.

Bei all den angedeuteten Problemen kann der Biologe nicht ohne eine experimentell und theoretisch begründete Vorstellung dessen auskommen, was beim Fliegen physikalisch geschieht, und darüber hinaus kann ihn der Aerodynamiker lehren, auf bestimmte Zusammenhänge zu achten, Daten so zu sammeln, daß sie auch physikalisch verwertbar sind. In dieser Hinsicht fehlt es noch allenthalben; der vorliegende Aufsatz will auch dazu einige Fingerzeige geben.

Auf der anderen Seite ist der am Tierflug interessierte Physiker auf die Hilfe des Zoologen gleichfalls angewiesen; denn, abgesehen von rein praktischen Gesichtspunkten, kann auch jede einseitig physikalische Betrachtungsweise leicht zu Fehlschlüssen führen, deren die Geschichte dieses Problems eine ganze Reihe kennt, da ja beim Organismus, wie schon angedeutet, im Gegensatz zur Flugmaschine die verschiedenen, außer dem Fliegen noch zu bewältigenden Lebensfunktionen in ihrer stammesgeschichtlich bedingten Form mit der Flugleistung selbst in ein Gleichgewicht gebracht sind.

Wir können hier die Frage aufwerfen, welchen Nutzen überhaupt die Luftfahrttechnik aus der Beschäftigung mit dem Tierflug heute noch gewinnen könnte. Die Zeit, da der Vogel allgemein das ideale Vorbild und die Nachahmung seines Fluges Ziel menschlicher Flugtechnik war, ist lange vorbei; man kann sagen, daß sie mit LILIENTHALS Todessturz im Jahre 1896 abschließt. Alle bisherigen, früheren und späteren Versuche, Schwingenflugzeuge zu bauen, schlugen fehl und lehrten nur die Schwierigkeiten besser kennen — was freilich nicht hindert, daß manche auch heute und wohl auch in Zukunft den Schwingenflug als die allein vorbildliche Flugart preisen und immer wieder Schwingenflugzeuge, allerdings auf dem Papier, „erfinden" werden. Die Zahl ernsthafter Verfechter des Schwingenfluggedankens unter den Konstrukteuren ist jedoch gegenwärtig gering[1]). Da aber der tierische Schwingenflug immer unter dem Gesichts-

[1]) An erster Stelle wäre hier A. LIPPISCH [Flugsport **17**, 246 (1925); Luftwelt **2**, 106 (1935); Der Segelflieger **1936**, H. 9—12] zu nennen, der in verschiedenen Aufsätzen die Sachlage zu klären versucht und auch flugfähige Modelle gebaut hat, die außer einem starren Tragflügelpaar zwei kleine elastische Schwingen besitzen, welche die Luftschraube ersetzen, — eine Teillösung, die wesentlich einfacher zu verwirklichen ist als das „Vollschwingen"prinzip der Tiere.

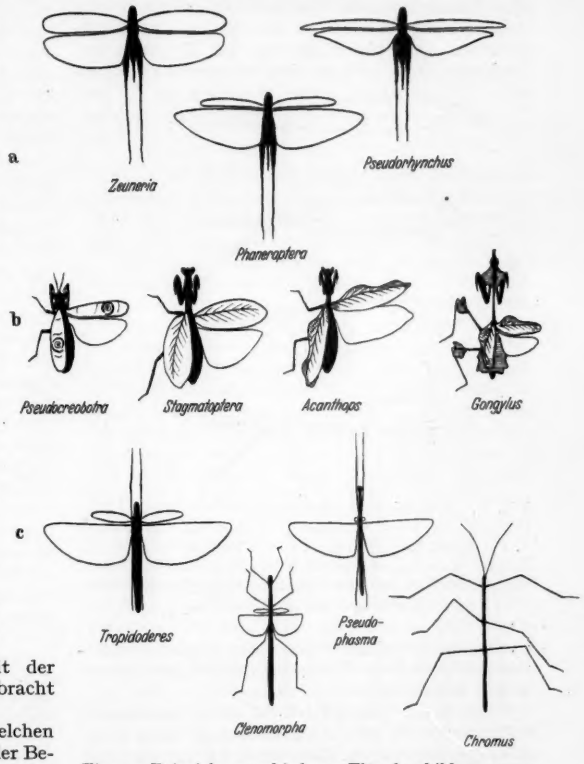


Fig. 2. Beispiele verschiedener Flügelumbildungswege bei Heuschrecken. Die Typen der Reihe *a* unterscheiden sich bei etwa gleicher Größe und Flächenbelastung hauptsächlich in der Flächenform und somit in erster Linie in flugtechnischer Hinsicht. In Reihe *b* und *c* wirkt die optische Anpassung mitbestimmend auf die Flügelbeschaffenheit ein; *b:* Anähnelung an Blattaussehen; die linke Form trägt (noch unter Wahrung des üblichen Flügelumrisses) die Zeichnung einer Blüte; bei der zweiten ahmt der vordere Flügel ein gelbes, frisch abgefallenes, bei der dritten ein braunes, schon angefaultes Blatt nach; die vierte stellt im ganzen ein Bündel stark zerstörter Blattreste dar, nur der in Ruhelage nicht sichtbare Hinterflügel bleibt (abgesehen von der Größenabnahme) unbeteiligt; *c:* zunehmende Anpassung an das Aussehen eines Zweiges unter Rückbildung der Flügel.

punkt einer etwaigen Nachahmung dieser Bewegungsform betrachtet wird — die Einführung des gewölbten, dicken, vorn abgerundeten Vogelprofils in die Flugtechnik durch Lilienthal ist die einzige heute praktisch wichtige dem tierischen Vorbild verdankte Neuerung — so hat das Interesse für Tierflug in der Technik begreiflicherweise erheblich nachgelassen. Nach unserer Auffassung haben die steten Diskussionen über menschliches Schwingenfliegen (womöglich noch mit Muskelkraft!) der Sache sogar mehr geschadet als genützt, weil sie die Aufmerksamkeit von anderen, auch für die heutige Flugtechnik noch bedeutsamen Dingen ablenkten, von Sonderaufgaben, die Flugtiere und Flugmaschinen trotz des verschiedenen Flug-

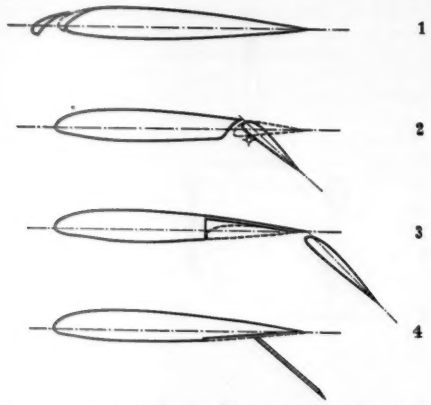


Fig. 3. Verschiedene Ausführungen von Landehilfen (Mitteln zur Hochauftriebserzeugung) bei Flugzeugen: 1. Vorflügel, 2. Spaltklappe, 3. Fowler-Flügel, 4. Spreizklappe (Zapklappe); gestrichelt: Stellung der Hilfsflächen bei Nichtgebrauch (im Schnellflug), ausgezogen: Stellung beim Langsamflug.

verfahrens in gleicher Weise lösen müssen und tatsächlich zum Teil, und zwar unabhängig voneinander, gelöst haben.

Was damit gemeint ist, sei an einem Beispiel erläutert: an der für die schnelleren, größeren Flugtiere (größere Vögel), ebenso wie für die schnellen Flugmaschinen bestehenden Aufgabe, ihre Geschwindigkeit durch besondere Hilfsmittel ohne entsprechenden Auftriebsverlust bei Bedarf herabzusetzen. Solcher „Hochauftriebsmittel" gibt es bei Flugzeugen eine ganze Reihe, von denen Fig. 3 die wichtigsten zeigt. Ihr gemeinsames Prinzip besteht darin, einen größeren Anstellwinkel oder eine stärkere Wölbung des Flügels und damit höheren Auftrieb zu ermöglichen, ohne daß dabei die Strömung an der Flügeloberseite unter energieverzehrender Wirbelbildung „abreißt". Die gefährdeten Zonen liegen vorne hinter der Flügelnase und am Flügelende, weil an diesen beiden Stellen die Geschwindigkeit längs der Oberfläche stark abnimmt; hier also wird sie künstlich erhöht, indem durch düsenartig wirkende Schlitze (auf Grund des zwischen Ober- und Unterseite bestehenden Druckunterschiedes) hindurchgetriebene Luft der Strömung an der Oberseite erneut kinetische Energie zuführt. Derartige, oft erst bei Bedarf gebildete Schlitze werden demnach vorne (Vorflügel) oder hinten (Spaltklappe, Fowlerflügel) angebracht. Der Effekt kann im Prinzip durch zahlreiche solche Spalte noch verstärkt werden,

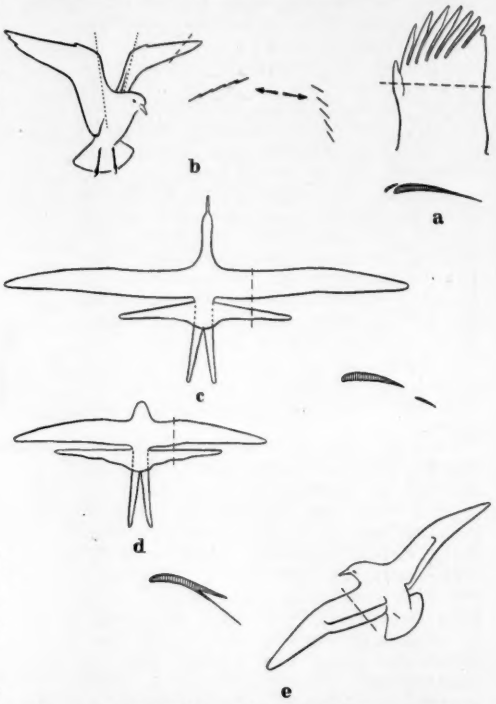


Fig. 4. Hochauftriebsmittel bei Vögeln: *a*) Flügel eines „Beschleunigungsrüttlers" (Fasan) mit Spalten zwischen den Handschwingen und abgespreiztem Daumenfittich; darunter Schnitt durch die Mitte der Flügellänge. *b*) Möve in Rüttelstellung; die Flügel schwingen etwa um die durch Punktlinien angedeuteten Drehachsen; daneben ein Schnitt durch die Flügelspitze bei Abschlag (= Vorschlag) und Aufschlag (= Rückschlag); der Pfeil deutet die Anströmrichtung an. *c*) Fregattvogel (Fregata) und *d*) Gabelschwanzfalke (Elanoides furcatus) mit geschlossenem und extrem gespreiztem Schwanz; daneben Schema eines Querschnitts. *e*) Möve, landend, und dabei Armschwingen und Deckgefieder als zwei Flächen voneinander abhebend; daneben schematischer Querschnitt. (*b* und *e* in Anlehnung an Momentaufnahmen.)

allerdings unter erheblicher Steigerung des Widerstandes. Eine analoge Aufgabe hat die einen Sog unter dem Flügelende und damit besseres Anliegen der Strömung über demselben bewirkende Spreizklappe.

Die genannten Hochauftriebsmittel sind auch bei vielen Vögeln verwirklicht. Bereits allgemein bekannt ist die Aufgabe des dem Vorflügel entsprechenden Daumenfittichs (Fig. 4a), dessen Abheben vom Flügel bei der Landung (und beim Start) durch Momentaufnahmen sichergestellt ist[1]). Das Verfahren, mehrere Spalte hintereinanderzuschalten, findet sich bei Vögeln in verschiedener Ausführung. So z. B. treten bei vielen Formen, die im Geradeausflug eine geschlossene Fläche haben, beim Rütteln auf der Stelle im Moment des Flügelaufschlages Spalte zwischen den Handschwingen auf (Fig. 4b). Bei den „Beschleunigungsrüttlern" (K. LORENZ) sind die Handschwingen am ausgebreiteten Flügel ständig durch Schlitze getrennt, so daß eine analoge Wirkung hier bei Auf- *und* Abschlag in Frage kommt. Auch viele größere Vögel, zumal Aufwindsegler, haben oft weite Spalte zwischen den Handschwingen (vgl. Fig. 5a). Auf die vermutlich in den einzelnen Fällen aerodynamisch unterschiedene Wirkung solcher Spaltflügel sei hier mangels exakterer Daten nicht näher eingegangen.

Das Herausfahren eines Flügelteiles nach hinten, wie beim Fowlerflügel, wobei Flächenvergrößerung, Wölbungssteigerung und Spaltwirkung auftriebserhöhend zusammenwirken, kommt bei den Vögeln aus anatomischen Gründen nicht in Frage; dafür nutzen manche offenbar die Möglichkeit aus, einen langen und tief gegabelten, gleichsam aus zwei nach hinten geschlagenen Flügeln bestehenden Schwanz an den Flügel heranzuspreizen. Eine Tendenz in dieser Entwicklungsrichtung findet sich bei vielen verschiedenen Vogelarten; Extremfälle sind der Fregattvogel (Fregata) und noch auffälliger ein amerikanischer Falke (Elanoides furcatus), bei dem die längste Schwanzfeder mit der längsten der sehr langen Handschwingen an Festigkeit, Profilwölbung und Länge weitgehend übereinstimmt (s. Fig. 4c, d). Die hier angegebene Wirkungsweise des Gabelschwanzes wurde von uns zunächst theoretisch erschlossen, dann bei Schwalben und Seglern beobachtet; später fanden wir bei A. MAGNAN[2]) eine vom Autor mit einer gewissen Verwunderung und ohne Versuch einer Deutung beschriebene Flugart des Fregattvogels, die genau auf unsere Annahme paßt[1]).

Vom Bestehen einer der Spreizklappe analogen Vorrichtung bei Vögeln haben uns Beobachtung und Momentaufnahmen landender Möven überzeugt. Hier werden bisweilen die Armschwingen so weit herabgewinkelt, daß sie sich vom Deckgefieder trennen und zwischen beiden eine keilförmige Öffnung entsteht, wie Fig. 4e erläutert.

Die am Beispiel der Hochauftriebsmittel aufgezeigten Parallelen zwischen Vogel und Flugzeug legen die Annahme nahe, daß sich bei näherem Studium des Tierfluges auch für die Technik neue und wichtige Formen der Ausnutzung von Luftkräften würden finden lassen; eigene Erfahrungen, auf die wir hier nicht näher eingehen dürfen, bestätigen diese Vermutung aufs beste.

II.

Auch bei einer Betrachtung von der theoretisch-aerodynamischen Seite her bietet der Tierflug eine Fülle interessanter Probleme. Die so erstaunlich weite Spanne der absoluten Größen der Flugtiere — von 9 m Spannweite beim ausgestorbenen Flugsaurier Pteranodon bis 2 mm und darunter bei Insekten — und die nicht weniger weite Spanne der Fluggeschwindigkeiten — von gegen 200 km pro Stunde Maximalgeschwindigkeit beim Wanderfalken (Falco peregrinus) und über 100 km/Std. bei einer Anzahl weiterer Vögel bis zur Maximalgeschwindigkeit von 4—5 km/Std. und darunter bei gewissen Insekten — legt eine Abschätzung des Bereichs der REYNOLDSschen Zahlen nahe, die für die Flugtiere in Frage kommen. Die REYNOLDSsche Zahl $Re = \varrho v l/\mu$, wobei v die Geschwindigkeit, l eine charakteristische Länge (Flügeltiefe), ϱ die Dichte des Mediums und μ dessen Zähigkeit bedeutet (μ/ϱ beträgt für Luft bei Zimmertemperatur etwa $15 \cdot 10^{-6}$ m²/sec), bezeichnet das Verhältnis der Trägheitskräfte zu den Zähigkeitskräften. Ihre Bedeutung liegt darin, daß die Bewegungsgesetze von Strömungen je nach dem Überwiegen der Trägheitskräfte (große *Re*) oder der Zähigkeitskräfte (kleine *Re*) wesentlich verschieden sind. Die REYNOLDSsche Zahl liegt bei vielen Vögeln im Horizontalflug erheblich über 100000 (Bussard etwa 250000, Taube und Fregattvogel etwa 300000, Wanderfalke bis zu 550000). Diese Zahlen liegen nicht allzu weit unter denen unserer Flugzeugtypen (einige 1000000); damit hängt zusammen, daß auch die Flügel der Vögel in Form, Profil und Oberflächenbeschaffenheit den Flugzeugtragflächen durchaus vergleichbar sind (vgl. Fig. 5a).

Gänzlich anders liegen die Verhältnisse jedoch bei der Mehrzahl der Insekten. Eine gewisse Schwierigkeit bietet hier die hohe Schlagfrequenz, weil dadurch die einzelnen Stellen der Flügelspann-

[1]) Vgl. E. STRESEMANN, Aves (in Handbuch d. Zool.) **1931**, 572; schöne Bilder, vor allem vom Storch, finden sich auch bei K. LORENZ [J. f. Ornithol. **81**, 107 (1933)]. Nach seiner Schilderung zu schließen, kann auch die erste Handschwinge diese Funktion übernehmen (Alpendohle). Auf die inhaltsreiche und auf unvoreingenommenen Beobachtungen beruhende Arbeit von LORENZ sei besonders hingewiesen. Sie ist wohl das beste, was seit LILIENTHAL zum Problem des Tierfluges geschrieben wurde, obgleich manche der darin vorgetragenen Deutungen sich nicht werden aufrechterhalten lassen.

[2]) Nach A. MAGNAN (Le vol des oiseaux et le vol des avions, Paris 1931, S. 133) hat dieser Vogel die Fähigkeit, plötzlich ohne sichtbaren Flügelschlag anzusteigen, wobei nur der Schwanz extrem gespreizt wird („trés étalée et grandement échancrée").

[1]) Selbstverständlich haben viele, so z. B. alle weichen und locker gebauten, Gabelschwänze der Vögel nicht aerodynamische, sondern andere biologische Aufgaben.

weite mit sehr verschiedener Geschwindigkeit angeströmt werden. Als Mittelwerte Reynoldsscher Zahlen kann man abschätzend angeben: Kohlweißling 500, Hummel 4000, Libelle 6000. Bei diesen kleinen Reynoldsschen Zahlen ist es nun sehr fraglich, ob sich überhaupt eine Zirkulation um den Flügel, wie sie die Tragflügeltheorie vor-

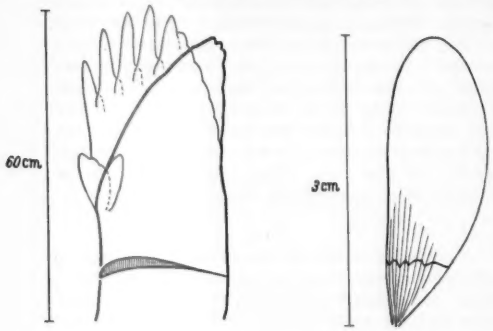


Fig. 5. *a*) Flügelumriß bei gebeugter und gestreckter Hand und Profil eines frischen Bussardflügels; *b*) Umriß und „Profil" eines Libellenflügels (Calopteryx).

aussetzt, ausbildet. Es ist bekannt, daß bei den Reynoldsschen Zahlen der in der Flugtechnik üblichen Größenordnung diese ideale Strömung deshalb als Näherung für die wirkliche Strömung verwendbar wird, weil durch die turbulenten Reibungsschichten[1]) die Strömung praktisch bis zum hinteren Ende des Flügels anliegt. Bei niederen Reynoldsschen Zahlen wird die Strömung jedoch vorzugsweise laminar sein. Bei laminaren Reibungsschichten bilden sich leicht infolge des Energieverlustes durch innere Reibung Rückströmungen aus, was eine Ablösung der Strömung vom Flügel und damit Auftriebminderung bedeutet. Diese Erscheinung kann aber durch Anbringung irgendeiner Vorrichtung, die Turbulenz in der Reibungsschicht erzeugt (z. B. eines dünnen Drahtes vor oder über der Flügelvorderkante), hintangehalten werden, weil der dadurch bedingte Teilchenaustausch quer zur Stromrichtung den wandnahen Schichten Bewegungsenergie zuführt, wodurch einer Rückströmung entgegengewirkt wird. Unter diesem Gesichtspunkt könnte man auch bei Insekten Vorrichtungen vermuten, die eine möglicherweise laminare Strömung künstlich turbulent machen. In der Tat findet man bei mikroskopischer Betrachtung an vielen Insektenflügeln, und zwar besonders an der Vorderkante, Borsten, Zähne oder ähnliche Gebilde, die durchaus diesem Zweck dienen können (vgl. Fig. 6). Die besonders häufige Beborstung ist in solchen Fällen nicht überraschend, wo sie sich über den ganzen Körper erstreckt und somit wohl eine Schutzfunktion, auch für den Flügel, haben könnte; in anderen Fällen aber (z. B. bei Oligarces) sind die Borsten auf den Flügelrand beschränkt, und zwar nur soweit, als derselbe als Tragfläche wirksam ist; hier dürfte eine andere als die vermutete aerodynamische Funktion der Borsten schwerlich in Frage kommen. Auch die Tatsache, daß der Insektenflügel eine dünne, oft aus Festigkeitsgründen an der Basis mehrfach geknickte Platte ist (Fig. 5 b), ist bei kleinen Reynoldsschen Zahlen nicht unbedingt von ungünstigem Einfluß auf die Strömung.

Eine zweite Gruppe von aerodynamischen Problemen betrifft die schwingende Bewegung des Flügels und somit die Tatsache, daß die Umströmung der Fläche nicht stationär ist. Die instationäre Tragflügeltheorie, welche wir für einen theoretischen Überblick zu Rate ziehen müssen[1]), hat gezeigt, daß die physikalischen Vorgänge dabei durch einen neuen Parameter ν, die reduzierte Frequenz, gekennzeichnet sind. $\nu = ns/v$ wird aus der Frequenz n des Flügelschlags, der Halbspannweite s und der Anströmgeschwindigkeit v gebildet[2]). Für Vorgänge am Flügelschnitt ist die mit der halben Flügeltiefe $l/2$ gebildete reduzierte

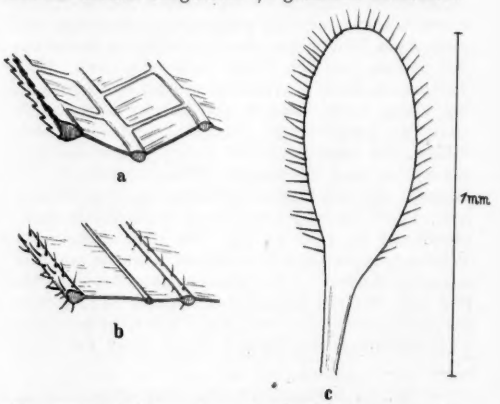


Fig. 6. Turbulenzerzeugende Vorrichtungen an Insektenflügeln: *a*) Schnitt durch die Vorderkante eines Libellenflügels (Calopteryx) mit zwei Reihen von Zähnen, *b*) durch die entsprechende Zone eines Mückenflügels (Tipula) mit allseitiger Beborstung der Vorderkante, *c*) Flügel einer Gallmücke (Oligarces) mit behaartem Rande. (Der Vergrößerungsmaßstab ist in den 3 Fällen etwa gleich.)

Frequenz maßgebend. — Bei $\nu = 0$ ist die Bewegung stationär, mit wachsendem ν macht sich

[1]) Der Begriff der Reibungsschicht wurde von L. Prandtl eingeführt und beruht auf der Vorstellung, daß Zähigkeitswirkungen nur in unmittelbarer Wandnähe eine Rolle spielen, während im Außenraum mit einer idealen, reibungslosen Strömung gerechnet werden kann.

[1]) Vgl. H. G. Küssner [Luftfahrtforsch. **13**, 410 (1936); **17**, 370 (1940)].

[2]) $1/\nu = \lambda/s$ bedeutet die auf die Halbspannweite s bezogene Wellenlänge λ.

zunächst der Einfluß der durch die Zirkulationsänderung periodisch abgehenden Wirbel und dann der Einfluß der Massenbeschleunigungen der Luft bemerkbar. Ist ν klein (etwa in der Größenordnung 0,1—0,2), so kann man die instationären Einflüsse vernachlässigen und annehmen, daß in jedem Zeitpunkt näherungsweise die Strömungsverhältnisse herrschen, wie sie im stationären Falle sein würden.

Die reduzierten Frequenzen der mittleren bis größeren Vögel im Horizontalflug bewegen sich nach verschiedenen vorliegenden Daten um 0,1 [z. B. Wanderfalke um 0,06, Taube um 0,08, Krähe um 0,11, Rebhuhn um 0,12[1])]. Man könnte daher versuchen, hier mit einer quasistationären Theorie auszukommen. Eine solche für den Fall einer einfachen Bewegung (wobei der Flügel als Ganzes auf- und abschwingt) soll weiter unten gebracht werden. — Bei vielen Insekten und manchen kleinen Vögeln, ebenso bei größeren für Start und Landung, dürfte die reduzierte Frequenz jedoch wesentlich größer sein. Im Extremfall des Fliegens auf der Stelle, wobei die Flügel meist in annähernd horizontaler Bahn bewegt werden (Kolibri, viele Insekten), könnte man eine Theorie in Anlehnung an die beim Hubschrauber entwickelten Vorstellungen versuchen, worauf in diesem Aufsatz jedoch nicht näher eingegangen sei.

III.

Die bisherigen Darlegungen dienten der näheren Erläuterung unserer Meinung, daß eine theoretisch-experimentelle Aufklärung des Tierfluges sowohl der Biologie als auch der Technik und Aerodynamik fruchtbare Dienste leisten könnte. Welche Möglichkeiten stehen nun zur Erforschung des Gebietes heute zur Verfügung?

Auf rein biologischer Seite sind die Methoden, insbesondere die physiologischen (Muskel-, Nerven-, Sinnesphysiologie usw.), im allgemeinen weit genug entwickelt, um die Beschäftigung mit den Problemen der tierischen Flugbewegung aussichtsreich zu machen. Für die kinematisch-technische Seite werden gute, unter völlig natürlichen sowie unter verschiedenen experimentellen Bedingungen hergestellte Zeitlupenfilme unentbehrlich sein. Die experimentelle Erforschung der tierischen Flugmechanik findet freilich allenthalben ihre Grenzen in der Tatsache, daß es sich um Lebewesen handelt, die auf jeglichen Zwang mit gestörter oder abgeänderter Funktion reagieren, wodurch sich viele notwendige Messungen, etwa im Windkanal, sowie Versuche über den Leistungsbedarf beim Fliegen usw. von selbst verbieten. Diese Tatsache hat den einen von uns (v. H.) veranlaßt, auf Grund mehrjähriger umfangreicher Versuche an Tieren und mit verschiedenartigen (zum Teil neukonstruierten) Getrieben sowie mit in verschiedener Weise bewegten Flügeln, Schwingenflugmodelle zu entwickeln, die in allen wesentlichen Merkmalen die verschiedenen tierischen Flugformen nachahmen. An ihnen lassen sich, wie weiter unten gezeigt sei, genauere Messungen leichter durchführen, da man hier alle wirksamen Kausalfaktoren in der Hand hat. — Der Begriff des „Modellversuchs" hat in Biologie und Technik eine verschiedene Färbung. Biologische Modelle (etwa der Protoplasmabewegung, der Nervenleitung, der nervösen Koordination) geben, wie heute wohl allgemein zugegeben wird, nur formale Analogien und haben somit hauptsächlich heuristischen und didaktischen Wert. Modellversuche in der Technik (etwa Windkanaluntersuchungen oder Versuche an freifliegenden Modellen, wie sie z. B. beim Studium des Trudelns mit Erfolg benutzt werden) betreffen bereits den Gegenstand selbst, nur unter vorgegebenen, die Sachlage vereinfachenden Bedingungen. Diese Möglichkeit, zu vereinfachen, von vielen mitwirkenden Faktoren jeweils nur einen zu variieren und so seine Rolle im Rahmen des Ganzen zu erkennen, bietet auch die Untersuchung freifliegender Schwingenmodelle. Sie wird daher besonders als Bindeglied zwischen der Theorie und den Flugverfahren in der Natur unentbehrlich sein.

IV.

Um einen genaueren Einblick in die beim Schwingenschlage vorliegenden Bedingungen zu erhalten, sei als Diskussionsgrundlage im folgenden eine quasistationäre Theorie entwickelt, die von einer vereinfachten Bewegung des Flügels ausgeht. Es sei dabei angenommen, der Flügel schwinge als Ganzes auf und nieder, führe also an jeder Stelle des Querschnitts die gleiche Bewegung aus.

In einem raumfesten Koordinatensystem (x-Achse horizontal, positiv nach vorn; z-Achse vertikal, positiv nach oben; Längeneinheit: Halbspannweite s; $x/s = \xi$; $z/s = \zeta$) verlaufe die Bewegung eines Punktes des Flügelmittelschnitts in der Bahn

$$\zeta(\xi) = a \cos 2\pi\nu\xi$$

wobei a die Amplitude der Schlagschwingung (in Halbspannweiten gemessen) und $\nu = ns/v$ [mit n = Schlagfrequenz, v = (konstante) Bahngeschwindigkeit] die reduzierte Frequenz bedeutet, welche wir, wie oben dargelegt wurde, als kleine Größe ansehen wollen. Der Flügel soll ferner noch relativ zur jeweiligen Anströmrichtung seinen Anstellwinkel α um einen Mittelwert α_0 mit der Amplitude α_1 periodisch ändern:

$$\alpha(\xi) = \alpha_0 + \alpha_1 \cos(2\pi\nu\xi - \varphi) .$$

Dabei ist zunächst eine Phasendifferenz φ zwischen Schlagschwingung und Anstellwinkelschwingung zugelassen, deren Optimum wir später bestimmen werden. Wir können nun die sich aus dieser Bewegung ergebenden Kräfte bestimmen. Als Einheit der Kräfte wählen wir wie üblich $\frac{\varrho}{2} v^2 F$,

[1]) Es gibt zwar zahlreiche Messungen von Geschwindigkeiten und Schlagzahlen, aber leider keine zusammengehörigen unter dem Gesichtspunkt der reduzierten Frequenz, weshalb den angegebenen Zahlen eine gewisse Unsicherheit zukommt.

wobei ϱ die Dichte des Mediums und F die Flügelfläche ist. Für die Luftkraft senkrecht zur jeweiligen Anströmrichtung (Auftrieb c_a) erhalten wir nach der Prandtlschen Tragflächentheorie und unter der Voraussetzung elliptischer Auftriebsverteilung über die Spannweite (was keine wesentliche Einschränkung bedeutet) einen linearen Zusammenhang mit dem Anstellwinkel:

$$c_a(\xi) = c_a' \cdot \alpha(\xi)$$

mit

$$c_a' = dc_a/d\alpha = \frac{2\pi}{1 + 2/\Lambda} = \text{const},$$

wobei mit Λ das Seitenverhältnis $4s^2/F$ des Flügels bezeichnet ist. Die Luftkraft in Richtung der jeweiligen Anströmung (Widerstand c_w) setzt sich aus dem induzierten Widerstand c_{wi}, welcher quadratisch von c_a abhängt, und dem Profilwiderstand c_{wp}, welcher als vom Anstellwinkel unabhängig angenommen wird, zusammen:

$$c_w(\xi) = \frac{c_a^2(\xi)}{\pi\Lambda} + c_{wp}.$$

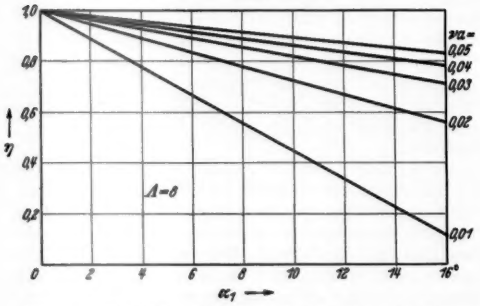


Fig. 7. Vortriebswirkungsgrad für den als Ganzes schwingenden Flügel.

Es interessieren uns nun vor allem die Komponenten der Luftkraft c_z in vertikaler und c_x in horizontaler Richtung. Wir bezeichnen mit

$$\gamma(\xi) = -\frac{d\zeta}{d\xi} = 2\pi\nu a \sin 2\pi\nu\xi$$

den Winkel zwischen der Bahn (Anströmrichtung) und der Horizontalen an jeder Stelle ξ, welcher nach unseren Voraussetzungen als klein angenommen werden kann, so daß $\sin\gamma \approx \gamma$, $\cos\gamma \approx 1$ ist; dann bestehen zwischen c_x, c_z und c_a, c_w die Beziehungen[1])

$$c_z = c_a + c_w \cdot \gamma \approx c_a,$$
$$c_x = -c_a \cdot \gamma + c_w.$$

Damit haben wir die Mittel an der Hand, in jedem Bahnpunkt Horizontal- und Vertikalkraft zu bestimmen. Wir rechnen noch ihre Mittelwerte über eine Wellenlänge der Schwingung aus:

$$\bar{c}_z = \nu \int_0^{1/\nu} c_z(\xi)\, d\xi = \frac{2\pi}{1 + 2/\Lambda}\alpha_0 = c_a' \cdot \alpha_0 = c_{a0}$$

und entsprechend

$$\bar{c}_x = -\pi c_a' \cdot \sin\varphi \cdot \nu a \cdot \alpha_1 + \frac{c_{a_0}^2}{\pi\Lambda}\left(1 + \frac{\alpha_1^2}{2\alpha_0^2}\right) + c_{wp},$$

wobei $c_{wi_0} = c_{a_0}^2/\pi\Lambda$ der induzierte Widerstand ist, welchen der Flügel haben würde, wenn er stationär unter dem Winkel α_0 angeströmt würde. Diese Gleichung zeigt uns, daß die mittlere Vertikalkraft $\bar{c}_z$ durch die Schwingenbewegung nicht geändert wird, und daß wir in der Tat außer einem zusätzlichen induzierten Widerstand (Schwingenwiderstand)

$$\frac{c_{a_0}^2}{\pi\Lambda} \cdot \frac{\alpha_1^2}{2\alpha_0^2} = \frac{c_a'^2}{2\pi\Lambda} \cdot \alpha_1^2$$

(welcher übrigens genau halb so groß wie der zu einer stationären Anströmung unter α_1 gehörige

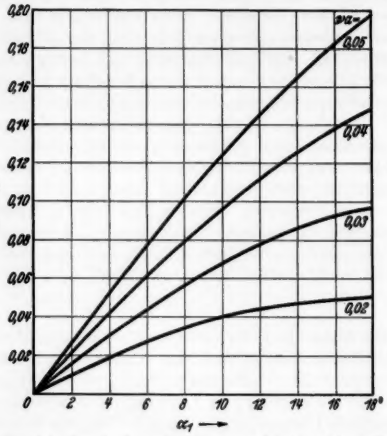


Fig. 8. Die durch den als Ganzes schwingenden Flügel erreichten Schubbeiwerte $\bar{c}_x$.

ist) auch eine nach vorn wirkende Kraft, den Schwingenvortrieb

$$-\pi c_a' \sin\varphi \cdot \nu a \cdot \alpha_1$$

erhalten. Um diesen möglichst groß zu machen, müssen wir zunächst $\varphi = \pi/2$ setzen: Die Anstellwinkelschwingung muß der Schlagschwingung um $\pi/2$ nacheilen, was unmittelbar anschaulich ist. Weiter erkennt man die Notwendigkeit einer Anstellwinkeländerung, denn für $\alpha_1 = 0$ erhält man im Mittel keinen Vortrieb. Der Vortrieb wird größer mit zunehmender Schlagamplitude νa[1]) und mit zunehmender Anstellwinkelamplitude α_1. Beide sind jedoch nach oben begrenzt: ν durch die Voraussetzungen der quasistationären Theorie, a im praktischen Falle aus konstruktiven Gründen und α_1 durch die Forderung, daß der maximale Anstellwinkel $\alpha_0 \pm \alpha_1$ nicht zum Abreißen der Strömung am Profil führen darf.

Da der durch die Schwingenbewegung gleichzeitig hervorgerufene Widerstand quadratisch mit α_1 wächst, wird es zweckmäßig sein, zu überlegen,

[1]) Vertikalkräfte haben nach oben, Horizontalkräfte nach hinten positives Vorzeichen. Daher erscheint ein Vortrieb mit negativem Vorzeichen.

[1]) $\nu a = as/\lambda$ ist die auf die Wellenlänge λ bezogene Schlagamplitude.

bei welchen Schlag- und bei welchen Anstellwinkelamplituden der betrachtete Schwingenantrieb die günstigsten Ergebnisse liefert. Wir definieren daher einen Vortriebswirkungsgrad[1])

$$\eta = 1 - \frac{\text{Schwingenwiderstand}}{\text{Schwingenvortrieb}} = 1 - \frac{1}{\pi(\Lambda+2)} \cdot \frac{\alpha_1}{\nu a}.$$

Der Vortriebswirkungsgrad ist demnach um so größer, je größer die Schlagamplitude νa und je kleiner die Anstellwinkelamplitude α_1 ist (siehe Fig. 7). Ein größeres Seitenverhältnis des Flügels setzt η ebenfalls herauf. Abgesehen von der sehr kleinen Schlagamplitude $\nu a = 0{,}01$ finden wir Wirkungsgrade, die denen beim Propellerantrieb im Flugzeugbau gleichkommen. Ob man die außergewöhnlich guten Wirkungsgrade bei kleinen Anstellwinkelamplituden α_1 praktisch ausnutzen kann, hängt davon ab, ob der damit hervorgerufene Schub $\bar{c}_s$ (= Schwingenvortrieb + Schwingenwiderstand)

$$\bar{c}_s = -\pi c_a' \sin\varphi\, \nu a\, \alpha_1 + \frac{c_a'^2}{2\pi\Lambda}\alpha_1^2$$

ausreicht, den gegebenen stationären Widerstand zu überwinden. Um diese Frage schneller zu überblicken, ist in Fig. 8 der Schub $\bar{c}_s$ über α_1 für verschiedene νa aufgetragen. (Für ein Flugzeug einschließlich Rumpf und Fahrwerk liegt der zu überwindende Widerstand $\bar{c}_w$ im Horizontalflug in der Größenordnung 0,05.)

Um von vornherein für die spätere Anwendung klare Verhältnisse zu schaffen, seien einige übersichtliche Beispiele besprochen. Für einen gegebenen Flügel haben wir drei voneinander unabhängige freie Parameter: Den mittleren Anstellwinkel α_0 (oder entsprechend c_{a_0}), die Anstellwinkelamplitude α_1 und die Schlagamplitude νa. Eine einfache Bewegung wäre die, daß der Anstellwinkel — maßgebend für die auftretenden Luftkräfte ist der Anstellwinkel gegenüber der jeweiligen Anströmrichtung, von dem hier allein die Rede ist, nicht der gegen die Horizontale — sich nicht ändert ($\alpha = \alpha_0 = \text{const}$; $\alpha_1 = 0$). Wir erhalten dann in jedem Bahnpunkt den gleichen Auftrieb c_{a_0}, während der beim Flügelabschlag entstehende Vortrieb durch den entsprechenden Rücktrieb beim Aufschlag wieder aufgehoben wird (Fig. 9a). — Einen anderen Grenzfall erhalten wir, wenn wir $\alpha_0 = 0$ setzen und dafür α_1 von Null verschieden annehmen. In diesem Fall wird der beim Abschlag entstehende Auftrieb durch den entsprechenden Abtrieb beim Aufschlag kompensiert. Dafür erhalten wir für beide Bewegungsphasen übereinstimmend einen (allerdings in seiner Größe periodisch schwankenden) Vortrieb (Fig. 9b, ausgezogene Kurven). — Zwischen diesen Extremen sind verschiedene Zwischenformen denkbar. Von Fig. 9b ausgehend, erhalten wir bei kleinem mittlerem Anstellwinkel einen dementsprechend kleinen von Null verschiedenen mittleren Auftrieb (Fig. 9c). Fig. 9d stellt den besonderen, später noch zu erwähnenden Fall dar, wo nirgends Abtrieb auftritt, aber Vortrieb und Auftrieb beim Aufschlag vorübergehend Null werden. In Fig. 9e nähern wir uns dem Fall a; wir haben zwar eine entsprechend der kleinen Anstellwinkelschwankung geringe Auftriebsschwankung, dafür aber nur kleinen Vortrieb. Die hier noch eingezeichneten gestrichelten Kurven deuten an, wie sich die Situation verkehrt, wenn die Anstellwinkelschwingung der Schlagschwingung nicht um $\pi/2$ nach-, sondern voreilt, ein Fall, auf den auch noch zurückzukommen sein wird.

Bisher war die Voraussetzung gemacht, daß sowohl die Schlag- als auch die Anstellwinkelschwingung rein sinusförmig verlaufen. Daß diese Tatsache die Allgemeingültigkeit der Anwendung des hier Vorgetragenen nicht beeinträchtigt, sei noch kurz dargetan. Es ergibt sich das einmal schon aus der Tatsache, daß man beliebige Kurven in harmonische Schwingungen auflösen kann. Für eine nicht sinusförmige Bahnkurve $\zeta(\xi)$ läßt sich auch auf andere Weise unser Satz, daß ohne Anstellwinkeländerung im Mittel kein Vortrieb entstehen kann, leicht einsehen. Wir setzen nur voraus, daß $\zeta(\xi)$ eine periodische Funktion (mit der Periode $\lambda/s = 1/\nu$) ist:

$$\zeta(\xi_0) = \zeta(\xi_0 + 1/\nu)$$

Sei $\alpha = \alpha_0 = \text{const}$, so ist auch $c_a = c_{a_0} = \text{const}$ und $c_{w_0} = \text{const}$. Der mittlere Vortrieb:

$$\bar{c}_x = \nu \int_{\xi_0}^{\xi_0 + 1/\nu} c_x(\xi)\, d\xi$$

ist dann wegen $c_x(\xi) = -c_{a_0} \cdot \gamma(\xi) + c_{w_0}$ und $\gamma(\xi) = -d\zeta/d\xi$ gleich:

$$\bar{c}_x = c_{a_0} \nu [\zeta(\xi_0 + 1/\nu) - \zeta(\xi_0)] + c_{w_0} = c_{w_0}.$$

Ein Beispiel für eine solche Bewegung zeigt Fig. 9f.

Auch den Fall einer nicht sinusförmigen Anstellwinkelschwingung kann man nach der angegebenen Methode behandeln. Fig. 9b gibt in den gestrichelten Kurven ein Beispiel.

Eine weitere Voraussetzung war die konstante Anströmgeschwindigkeit. Schwankt diese um einen Mittelwert v_0 nach

$$v(\xi) = v_0 + \Delta v(\xi) = v_0\left(1 + \frac{\Delta v(\xi)}{v_0}\right)$$

um den kleinen Beitrag Δv, so läßt sich nach der PRANDTLschen Tragflügeltheorie leicht zeigen, daß dieser Geschwindigkeitsänderung Δv eine Anstellwinkeländerung

$$\Delta\alpha = \alpha \frac{\Delta v}{v_0}$$

entspricht, womit der Anschluß an unsere früheren Überlegungen hergestellt ist. Auf diesem Wege würden wir also z. B. auch für den Fall konstanten

[1]) Dieser ist (für $\bar{c}_x = 0$) gleichzeitig das Verhältnis zwischen der Leistung, die wir hineinstecken müssen, um nur den stationären Anteil $c_{wi_0} + c_{wp}$ des Widerstandes zu überwinden, und der Leistung, die wir tatsächlich aufwenden müssen, und welche um den Betrag Schwingenwiderstand × Fluggeschwindigkeit größer ist als die erste.

Anstellwinkels $\alpha = \alpha_0$ einen im Mittel nicht verschwindenden Vortrieb erhalten.

Wir sind bisher auf den dritten Parameter, die Schlagamplitude va, nicht weiter eingegangen. Die Bewegung des tierischen Flügels unterscheidet sich bekanntlich von der eben behandelten vor allem darin, daß der Flügel am Rumpf angelenkt ist, so daß die Schlagamplitude nach dem Flügelende hin zunimmt. Die Theorie wäre also dahin zu erweitern, daß a als von der Koordinate y in Spannweitenrichtung abhängig angesetzt wird. Diese Bewegung bringt gegenüber der theoretisch behandelten neben unwesentlichen Nachteilen vor allem praktische Vorteile mit sich. Der Hauptnachteil läge darin, daß die Auftriebsverteilung nicht mehr elliptisch wäre, was eine Zunahme des induzierten Widerstandes zur Folge hätte. Es wäre allerdings eine Bewegung denkbar, bei der die zunehmende Schlagamplitude mit einer solchen Abnahme des Anstellwinkels einhergeht, daß die elliptische Auftriebsverteilung bestehenbleibt. Diese Bewegungsart hätte aber mit der als Ganzes auf- und abschwingenden Platte einen entscheidenden Nachteil gemein: die große Schwankung der Vertikalkraft im Verlaufe einer Schwingung. Diese Schwankung aber muß zu einer um so stärkeren Auf- und Abbewegung des Massenschwerpunktes

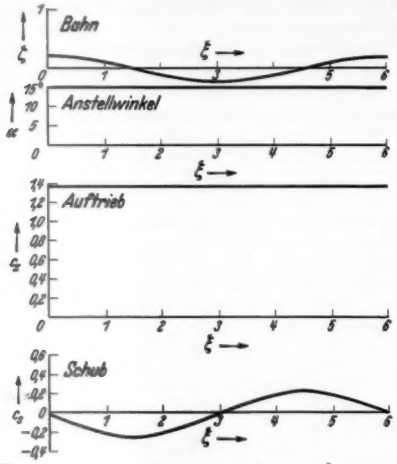


Fig 9a. $a = 0{,}2$; $va = 0{,}033$; $\alpha_0 = 15°$; $\alpha_1 = 0$; $\bar{c}_z = 1{,}37$; $\bar{c}_s = 0$.

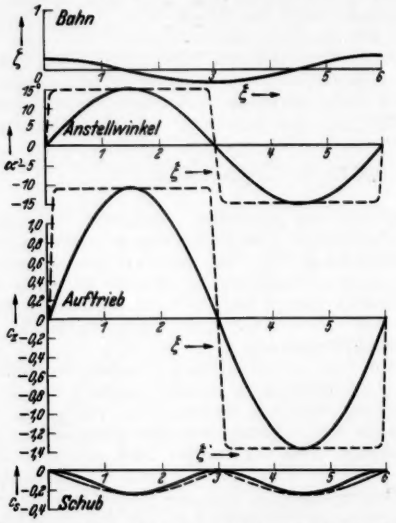


Fig. 9b. — $a = 0{,}2$; va 0,033; $\alpha_0 = 0$; $\alpha_1 = 15°$; $\bar{c}_z = 0$; $\bar{c}_s = -0{,}11$; $\eta = 0{,}79$.

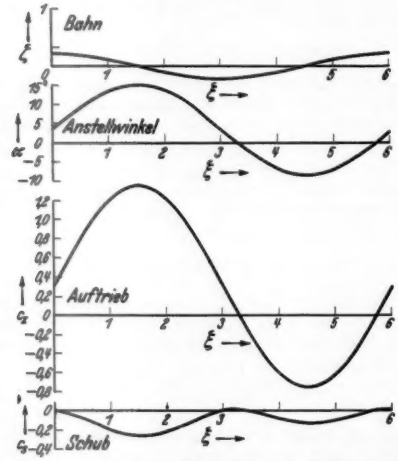


Fig. 9c. $a = 0{,}2$; $va = 0{,}033$; $\alpha_0 = 3{,}75°$; $\alpha_1 = 11{,}25°$; $\bar{c}_z = 0{,}34$; $\bar{c}_s = -0{,}09$; $\eta = 0{,}84$.

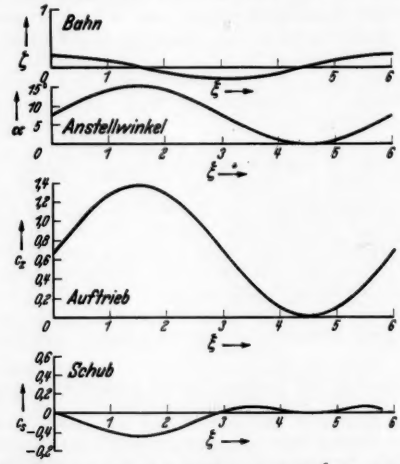


Fig. 9d. $a = 0{,}2$; $va = 0{,}033$; $\alpha_0 = 7{,}5°$; $\alpha_1 = 7{,}5°$; $\bar{c}_z = 0{,}68$; $\bar{c}_s = -0{,}064$; $\eta = 0{,}90$.

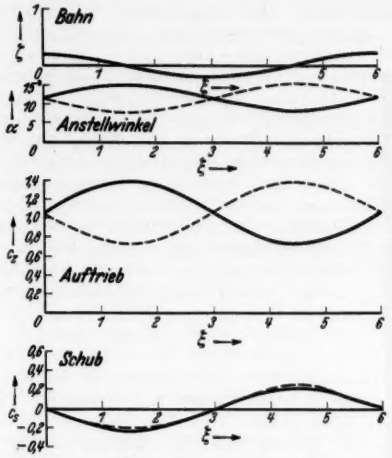


Fig. 9e. —— $\varphi = \pi/2$; $a = 0{,}2$; $\nu a = 0{,}033$; $\alpha_0 = 11{,}25°$; $\alpha_1 = 3{,}75°$; $c_z = 1{,}03$; $c_s = -0{,}034$; $\eta = 0{,}95$.
- - - $\varphi = -\pi/2$; $a = 0{,}2$; $\nu a = 0{,}033$; $\alpha_0 = 11{,}25°$; $\alpha_1 = 3{,}75°$; $c_z = 1{,}03$; $c_s = 0{,}034$; $\eta = 0{,}95$.

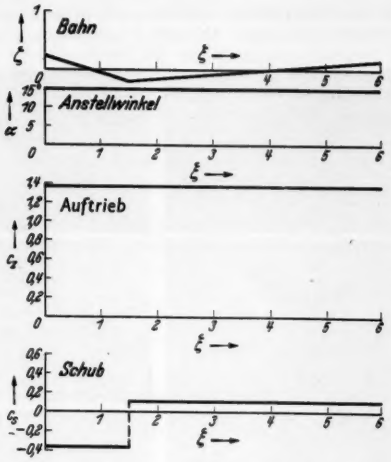


Fig. 9f. $a = 0{,}2$; $\nu a = 0{,}033$; $\alpha_0 = 15°$; $\alpha_1 = 0$; $c_z = 1{,}37$; $c_s = 0$.

Fig. 9. Verschiedene Bewegungsformen und die zugehörigen Luftkräfte im Verlaufe einer Schwingung für den als Ganzes schwingenden Flügel.

führen, je geringer ceteris paribus die Schlagfrequenz ist. Betrachtet man nun daraufhin große, langsam schlagende Vögel, so ist von einer nennenswerten vertikalen Pendelbewegung des Rumpfes (im Horizontalflug) nichts zu beobachten; nur sehr langflügelige und zugleich leicht flächenbelastete Formen (z. B. Seeschwalben) zeigen diese Bewegung in merklichem, aber immer noch geringem Ausmaß. Die Kompensation dieser Vertikalbewegung wird aber gerade bei einer Winkelschwingung, wie sie der tierische Flügel ausführt, dadurch möglich gemacht, daß die einzelnen Flügelzonen verschiedene Schlagamplituden haben und deshalb verschiedene Funktionen übernehmen können. Auf welche Weise dies möglich ist, soll im folgenden Abschnitt an Hand der Flugmodelle erläutert werden.

V.

Auf die Geschichte des Schwingenflugmodellbaus („Vollschwingen"-M.), — ein langes Kapitel, wenn man die Zahl derer zum Maßstab nimmt, die sich auf dem Gebiet versucht haben, ein ganz kurzes, wenn man das Ergebnis betrachtet —, sei an dieser Stelle nicht näher eingegangen; soweit uns bekannt, ist über die lange zurückliegenden Ergebnisse PÉNAUDS, der um 1870 ein kleines Modell mit elastischen Flügeln mittels Gummimotor und einfachem Kurbelgetriebe (in einer Bewegung, die man allenfalls als „Rütteln" bezeichnen könnte) zum Steigen brachte, niemand wesentlich hinausgekommen. Die Hauptschwierigkeiten einer naturgetreuen Darstellung der Bewegung beruhen einmal in der richtigen kombinierten Schlag- und Drehbewegung des Flügels, zum zweiten in der nicht minder wichtigen, aber anscheinend stets außer acht gelassenen richtigen Kraftverteilung (das fast immer verwendete Schubkurbelgetriebe ist für diesen Zweck ungeeignet, vgl. auch Fig. 10), und schließlich in der Herstellung einer stabilen Fluglage. Eine eingehendere Beschreibung, wie diese 3 Aufgaben bei den von uns konstruierten Flugmodellen gelöst sind, würde hier zu weit führen. Die folgenden allgemeinen Angaben mögen genügen.

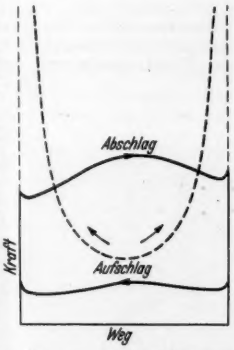


Fig. 10. Verlauf der vom Motor auf den Flügel ausgeübten Kraft während einer Schwingung bei dem als Beispiel behandelten Flugmodell (vgl. Fig. 13). Zum Vergleich die Kraftverteilung bei einem Schubkurbelgetriebe (gestrichelte Kurve).

Was die Flügelbewegung selbst anlangt, so sind hier Schlagamplitude, Anstellwinkeländerung und Verwindung der Fläche längs der Spannweite variabel und beliebig einstellbar. Die Kraftverteilung während einer Schlagphase ist ebenfalls in weiten Grenzen veränderlich, ebenso kann das Kraftverhältnis zwischen Ab- und Aufschlag, das ja auch bei den einzelnen tierischen Flugarten sehr wechselt, beliebig eingestellt werden. Ein Ausgleichsgetriebe sorgt dafür, daß sich die im Ver-

lauf der Flügelschläge nachlassende Spannung des Gummimotors nicht auf die Flugbewegung auswirken kann; die Flügelschläge können nach Wunsch mit gleichbleibender oder allmählich oder plötzlich steigender bzw. sinkender Kraft ausgeführt werden. Die Flugmodelle können leicht vom Boden starten und im Winkel bis über 45° steigen, manche auch vorübergehend auf der Stelle rütteln. Die Flugdauer beträgt bei den bisher gebauten Modellen von 0,3 bis 2,2 m Spannweite 20 bis 60 sec; an den Kraftflug schließt sich ein Gleitflug an. Die allgemeine Stabilität, auch bei Nur-Flügelmodellen, ist über Erwarten gut, selbst in stärker bewegter Luft. Einige typische Flugbilder geben die Fig. 11 und 12. Es sei noch erwähnt, daß es uns vorerst allein darauf ankam, überhaupt die Möglichkeit einer Darstellung tierischer Flugformen zu erweisen — in der Hauptsache beschäftigten uns bisher die Flugarten der mittelgroßen bis großen Vögel, der Fledermäuse, der Flugsaurier[1]), der Libellen und der größeren Tagfalter —; ins einzelne gehende Übereinstimmung mit der Bewegungsart eines bestimmten Flugtieres wurde bisher nicht angestrebt, wird aber auf der vorliegenden Grundlage ohne sehr große Schwierigkeit zu erreichen sein[2]). Für den hier von uns verfolgten Zweck, den „Existenzbeweis" für die neue Methode zu erbringen, mag es genügen, von einem einzelnen Beispiel genauere Daten vorzulegen und an deren Hand einige bemerkenswerte Punkte etwas näher ins Auge zu fassen.

Fig. 11. Bilder aus Zeitlupenfilmstreifen von zwei Schwingenflugmodellen; links: Modell mit einfachem Spaltflügel, im Steigwinkel von etwa 40° „hochrüttelnd", rechts: ein anderes Modell beim Bodenstart (vgl. dazu die vom gleichen Modell aufgenommene Kurve Fig. 13). Reihenfolge der Bilder: 1. oberer Umkehrpunkt der Bewegung, 2. Abschlag, 3. Aufschlag. Der Gummimotor befindet sich beim linken Modell im Flügel (unter der Flügelvorderkante), beim rechten im unteren Querrohr des Fahrgestells.

Fig. 13 gibt die kurvenmäßige Auswertung einer mit Zeitlupenfilm festgehaltenen

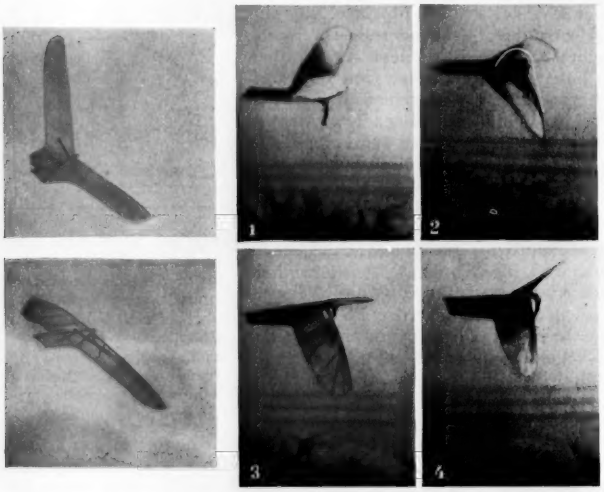


Fig. 12. Momentbilder eines im Freien fliegenden „Nurflügel"modells bei Ansicht von unten und von der Seite.

[1]) Über die Flugtechnik der Pterosaurier und ihre besonderen, interessanten Probleme soll an anderer Stelle auf Grund eingehender Modellversuche berichtet werden; hier sei nur erwähnt, daß auch die Flugweise mit Hilfe einer elastischen, lediglich an der Vorderkante eingespannten Flughaut, wie sie für diese Tiere typisch ist (der enorm verlängerte vierte Finger stellt den Spannbügel dar), im Modell nachgeahmt werden kann.

[2]) Verschiedene Modelle sind mehrfach der Öffentlichkeit vorgeführt worden; so z. B. beim Reichswettbewerb für Saalflugmodelle 1940 des NS.-Fliegerkorps in Breslau, wo sie durch Preise ausgezeichnet wurden; ferner vor der Lilienthal-Gesellschaft für Luftfahrtforschung in Berlin anläßlich eines am 29. I. 1941 gehaltenen Vortrags des einen Autors (v. H.). Beschreibungen der in Breslau gezeigten Flugleistungen finden sich bei W. Haas [Luftfahrt u. Schule **6**, 22 (1940); im gleichen Heft auch ein Aufsatz v. H.s über denselben Gegenstand] und bei H. Winkler [Modellflug **6**, 2 (1940)], der auch die Kinematik der Breslauer Modelle darstellt.

Flugstrecke, und zwar startet das Modell ohne Erteilung einer Anfangsgeschwindigkeit im „Sprungstart" vom Boden. Die mittlere Zone der Kurve zeigt das für diese Flugart typische Bild. Der Schwerpunkt führt erstens eine gewisse schwache, periodische Bewegung senkrecht zur mittleren Bahnrichtung aus. (Erwähnt sei, daß im Horizontalflug diese Pendelbewegung analog wie bei den Vögeln fast völlig verschwindet.) Zweitens zeigen sich periodische Geschwindigkeitsschwankungen, deren Ausmaß sich aus den durch gleiche Zeitintervalle getrennten Kurvenpunkten anschaulich ergibt: mit einer steilerwerdenden Bahn geht ein Geschwindigkeitsanstieg einher. Der Versuch, aus der Bewegung des Schwerpunktes Rückschlüsse auf die wirksamen Luftkräfte zu ziehen, mag hier unterbleiben. Auch auf die auffällige Tatsache, daß der als Folge des Flügelabschlags zu erwartende Geschwindigkeits- und Höhengewinn sich erst sehr verspätet (nämlich während des Aufschlages!) bemerkbar macht, sei nur hingewiesen. Bei der gegebenen Kraftverteilung für Flügelauf- und abschlag, die Fig. 10 wiedergibt, ist die mittlere Geschwindigkeit beider Bewegungsphasen (wie bei vielen Vögeln), etwa übereinstimmend. Eine geringe, aber deutliche Verzögerung bemerkt man jeweils am oberen Umkehrpunkt der Flügelbewegung: das Modell verharrt etwas länger in der stabilen Fluglage mit erhobenen, als in der instabilen mit gesenkten Flügeln.

In der nachfolgenden Zahlentafel sind außer einigen allgemeinen Angaben über das Modell eine Reihe ausgewerteter Daten für die mittlere Flugstrecke des Kurvenbildes 13 aufgeführt. Bei dem geringen Gewicht ist die Flächenbelastung des Modells um eine Größenordnung kleiner als die von Vögeln entsprechender Größe. Im Zusammenhang damit ist auch die mittlere Geschwindigkeit des Schwerpunktes erheblich geringer. Das bedingt aber bei der angegebenen, nicht in gleichem Maße verringerten Schlagfrequenz eine relativ hohe reduzierte Frequenz. Es wird u. a. eine Aufgabe der Zukunft sein, Schwingenmodelle herzustellen, die hinsichtlich Flächenbelastung, Geschwindigkeit — und somit REYNOLDSscher Zahl — sowie hinsichtlich der reduzierten Frequenz mit den betreffenden Flugtieren möglichst übereinstimmen.

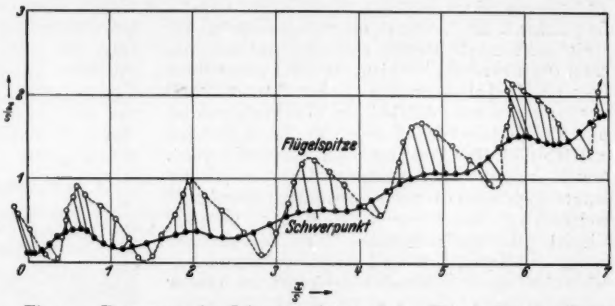


Fig. 13. Bewegung des Schwerpunkts und der Flügelspitze im Raum (x-Achse nach vorn, z-Achse nach oben; s = Halbspannweite) beim Start des als Beispiel behandelten Modells. Zeitlicher Abstand zweier Punkte: 3/80 sec. (Auswertung eines Filmstreifens mit 80 Bildern pro sec.)

Zahlentafel.

Spannweite $2s$	0,8 m
Flügelfläche F	0,07 m²
Gewicht G	0,007 kg
Flächenbelastung G/F	0,1 kg/m²
Motorleistung N	0,000 35 PS
Leistungsbelastung G/N	20 kg/PS
Schlagwinkel	60°
mittlerer Steigwinkel	18°
mittlere Frequenz n	2,7 sec⁻¹
mittlere Geschwindigkeit des Schwerpunktes $\bar{v}_s$	1,8 m/sec
mittlere Geschwindigkeit der Flügelspitze	3 m/sec
α_0 an der Flügelwurzel	$\approx$ 15°
α_1 an der Flügelwurzel	$\approx$ 5°
α_0 an der Flügelspitze	$\approx$ 3°
α_1 an der Flügelspitze	$\approx$ 17°
mittlerer Auftriebsbeiwert $\bar{c}_a$	0,49
mittlerer Widerstandsbeiwert $\bar{c}_w$	0,37
mittlerer Schubbeiwert $\bar{c}_s$	0,52
reduzierte Frequenz $\nu = ns/\bar{v}_s$	0,6
REYNOLDSsche Zahl $Re = \varrho \bar{v}_s F/2\mu s$	10^4

Die Leistungsbelastung erscheint im Vergleich mit den im Flugzeugbau üblichen Werten (2 bis 8 kg/PS) als außerordentlich hoch. Dabei ist jedoch zu beachten, daß dieser Wert von der absoluten Größe abhängig ist. Bezeichnen wir das Verhältnis der linearen Abmessungen zweier betrachteter Flugzeuge mit $\varkappa = l_{\text{Modell}}/l_{\text{Flugzeug}}$, so ist es üblich, anzunehmen, daß sich die Gewichte wie $\varkappa^3$ verhalten. In unserem Falle ist jedoch das Gewicht des Modells so klein, daß man für G mindestens eine Änderung mit der 5. Potenz der Längenabmessungen ansetzen muß. Nimmt man an, daß die Luftkräfte in beiden Fällen vergleichbar sind, so kann man nach den Methoden der Ähnlichkeitsmechanik, auf die hier nicht näher eingegangen werden kann, zeigen, daß sich in unserem Falle die Leistungsbelastungen wie $\varkappa^{-3/2}$ verhalten müßten[1]). Damit kommen wir vom Modell ausgehend zu einem Flugzeug mit einer Leistungsbelastung unter 1 kg/PS; das bedeutet, daß das Modell im Verhältnis zu seinem Gewicht einen außergewöhnlich starken Motor besitzt. — Aus dieser Betrachtung geht übrigens noch hervor, daß Flugmaschinen wie Flugtiere, solange die Luft-

[1]) Nimmt man an, daß sich die Gewichte wie $\varkappa^3$ verhalten, so ändern sich die Leistungsbelastungen wie $\varkappa^{-1/2}$

kräfte vergleichbar bleiben, mit abnehmender absoluter Größe mit einem relativ zum Gewicht schwächeren Motor die gleichen Flugleistungen erzielen.

Die hier berührten Gesetze der Ähnlichkeitsmechanik werden auch in anderen Fällen gute Dienste leisten können. So ist es mit ihrer Hilfe möglich, viele aus dem Flugzeugbau bekannte Daten bei der Analyse des tierischen Fluges zu verwerten und andererseits die verschiedenen Flugtiere untereinander zu vergleichen.

Die trotz des geringen Gewichtes und der langsamen Schlagfrequenz relativ geradlinige Bewegung des Schwerpunktes läßt darauf schließen, daß die Vertikalkraft im Verlaufe einer Schwingung nur wenig schwankt. Damit kommen wir auf das schon oben berührte Problem der Funktionsteilung längs der Flügelspannweite. Schon Lilienthal[1]) hatte angenommen, daß bei den Vögeln die rumpfnahe Flügelzone vorzugsweise für einen stetigen Auftrieb und die Flügelenden für Vortrieb sorgen. Obwohl unsere Auswertungsmethode in diesem Punkte noch nicht die wünschenswerte Genauigkeit erreicht hat[2]), sehen wir in der Tat an unserem Beispiel, daß die rumpfnahe Zone bei geringer Anstellwinkelamplitude und großem mittlerem Anstellwinkel, das Flügelende umgekehrt mit großer Anstellwinkelamplitude und kleinem mittlerem Anstellwinkel arbeitet. Die Anstellwinkelverhältnisse entsprechen damit in unserem Falle qualitativ an der Flügelwurzel denen von Fig. 9e (und zwar denen der gestrichelten Kurven) und an der Flügelspitze denen von Fig. 9c. Es ergibt sich also, daß die äußere Flügelzone während des Aufschlages von oben angeströmt wird und somit zwar Vortrieb aber auch Abtrieb liefert[3]). Dieser Abtrieb wird jedoch durch einen zusätzlichen Auftrieb der rumpfnahen Zone zum Teil kompensiert. Zwischen Flügelspitze und Rumpf wird es nun einen Flügelschnitt geben, welcher gerade unter dem Anstellwinkel Null angeströmt wird (Fig. 9d); diese Stelle wandert beim Aufschlag von der Spitze her zunächst über den Flügel nach innen und dann wieder zurück. — Beim Abschlag haben wir an allen Stellen der Spannweite Auftrieb und Vortrieb; der letztere wird dabei wieder in der Hauptsache vom Flügelende erzeugt, da dieses die größte Schlagamplitude hat.

Das hier angeführte Beispiel stellt insofern einen mittleren Fall dar, als sowohl eine weitere Zunahme der beim Aufschlag negativ angeströmten Flügelpartie als auch eine Abnahme derselben bis auf Null möglich ist. Im ersten Falle nähern wir uns dem Rüttelflug, bei dessen Extremfall, dem Flug auf der Stelle, die gesamte Fläche abwechselnd positiv und negativ angestellt ist; im anderen Falle kommen wir zu einer Flugweise, wie sie wahrscheinlich von vielen Vögeln (sicher von Ringeltauben) im schnellen Horizontalflug verwirklicht wird. Endgültige Feststellungen hierüber stehen noch aus.

Die angegebenen Luftkraftbeiwerte $\bar{c}_a$, $\bar{c}_w$ und $\bar{c}_s$ sind nicht aus einer quasistationären Theorie im obigen Sinne erhalten, sondern aus den Gleichgewichtsbedingungen für den stationären Steigflug. Ist γ_0 der mittlere Bahnwinkel, so muß der mittlere Auftrieb $\overline{A}$ der Gewichtskomponente $G \cdot \cos\gamma_0$ das Gleichgewicht halten und ebenfalls der mittlere Schub $\overline{S}$ gleich den mittleren Widerstand $\overline{W}$ vermehrt um die Gewichtskomponente $G \cdot \sin\gamma_0$ sein:

$$\overline{A} = G \cdot \cos\gamma_0$$

$$\overline{S} = G \cdot \sin\gamma_0 + \overline{W} .$$

In diesen Gleichungen sind G und γ_0 bekannt, außerdem auch S, welches sich aus der Motorleistung N (in PS) und der mittleren Geschwindigkeit $\bar{v}_s$ des Schwerpunktes berechnen läßt:

$$\overline{S} = 75\,\eta\,N/\bar{v}_s$$

Wir wollen den Wirkungsgrad η für unsere Abschätzung zu 0,5 annehmen, da darin auch die Verluste im Getriebe usw. enthalten sein müssen. Auf diese Weise erhalten wir $\overline{A}$, $\overline{W}$ und S und daraus auch ihre Beiwerte. Widerstands- und Schubbeiwert sind außerordentlich groß. Das erklärt sich u. a. aus der Steilheit der Flügelbahn (der Bahnwinkel an jeder Stelle ist bedeutend größer, als bei der quasistationären Theorie vorausgesetzt war), wodurch eine nicht geringe Komponente des Auftriebs, auf die mittlere Bahnrichtung bezogen, teils als Widerstand, teils als Schub erscheint. Es sei bemerkt, daß eine grobe Abschätzung mittels einer quasistationären Theorie zu ähnlich hohen Werten führt. Zum Vergleich zeigt Fig. 14 eine kurze Flugstrecke eines anderen Modells mit einem Steigwinkel von 40°. Die noch steilere Bahnkurve (die Flugart nähert sich schon dem Rütteln) mit einer reduzierten Frequenz $\nu = 0{,}9$ ergibt noch größere Beiwerte: $\bar{c}_a = 1{,}2$; $\bar{c}_w = 1{,}1$; $\bar{c}_s = 2{,}4$. Alle diese Beiwerte sind auf die mittlere Geschwindigkeit des Massenschwerpunktes bezogen.

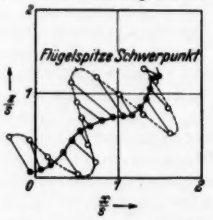


Fig. 14. Bewegung des Schwerpunktes und der Flügelspitze im Raum beim Steigflug eines anderen Flugmodells. Einzelheiten wie in Fig. 13.

VI.

An die Besprechung der Flügelbewegung selbst und ihrer Wirkung sei noch eine kurze Betrachtung

[1]) O. Lilienthal, Der Vogelflug als Grundlage der Fliegekunst, 3. Aufl. München u. Berlin 1939.

[2]) Da bei unseren bisherigen Modellen die mechanisch vorgegebene Bewegung des Flügels durch dessen Elastizität noch modifiziert wird, ist eine völlig genaue Feststellung des Bewegungsablaufs nur mit Hilfe sehr scharfer Zeitlupenfilme möglich.

[3]) Es sei hierbei nochmals darauf hingewiesen, daß die Fig. 9 nur für den theoretisch behandelten Fall der an jeder Stelle der Spannweite die gleiche Bewegung ausführenden Fläche gilt. Für eine quantitative Aussage müßte man in unserem Falle die gegenseitige Beeinflussung der (verschiedene Bewegungen ausführenden) einzelnen Flügelschnitte mit berücksichtigen.

über die Stabilisierung des ganzen Flugapparates angeschlossen. Da der Flügel, wie wir sahen, eine genau dosierte Drehung um seine Längsachse auszuführen hat, ergibt sich vor allem die Frage, wodurch die hierbei auftretenden Drehmomente um die Querachse des Flugtieres bzw. Flugmodells kompensiert werden. Die Beobachtung der Natur lehrt, daß bei den größeren oder wenigstens langsam schlagenden Flugtieren im wesentlichen zwei Möglichkeiten verwirklicht sind. Entweder ist eine besondere, von den Flügeln getrennte Fläche, der Schwanz der Vögel oder die Hautplatte gewisser Flugsaurier mit langem Eidechsenschwanz, am Hinterende angebracht (Fig. 15a—c); oder aber die hintere Mittelzone der Flügelfläche selbst übernimmt die stabilisierende Funktion, wie es die Fledermäuse, ferner ein anderer Flugsaueriertyp sowie die in dieser Hinsicht fledermausartig fliegenden größeren Tagfalter zeigen (Fig. 15d—f). Beide Arten der Stabilisierung sind auch im Flugmodell darstellbar. Unsere bisherigen Versuche in dieser Richtung ergaben, daß beim zweiten Typ die betreffende hintere Flügelzone die Auf- und Abbewegung der Flügel wohl mitmachen kann, sich aber an der Drehung um die Flügellängsachse naturgemäß nicht beteiligen darf (vgl. Fig. 12, wo man bei den Aufnahmen von der Seite diese Bewegung des „Schwanz"teiles der Flügel erkennen kann). Weiterhin ergab sich, daß beim Flugmodell die Größe dieses Flächenteils ein gewisses Minimum nicht unterschreiten darf, ohne die Stabilität um die Querachse aufzuheben (beim Nur-Flügelmodell von Fig. 12 z. B. war nach Verkleinern dieser hinteren Flügelregion um ein Drittel ein stabiler Flug nicht mehr möglich). Bei den Flugtieren kann im Gegensatz dazu diese Zone weitgehend reduziert sein (viele Fledermäuse und vermutlich auch Flugsaurier); den Vögeln ist selbst bei völligem Verlust der Schwanzfläche ein Fliegen noch möglich. An dieser Stelle zeigt sich die klare Überlegenheit der Tiere, die auch eine labile Fluglage mittels ständiger reflektorischer Korrekturen meistern. Der Mittel, die sie hierzu anwenden können, ließen sich verschiedene nennen; wie sie es tatsächlich tun, wird sich erst mit Hilfe guter Filmaufnahmen genauer feststellen lassen[1]).

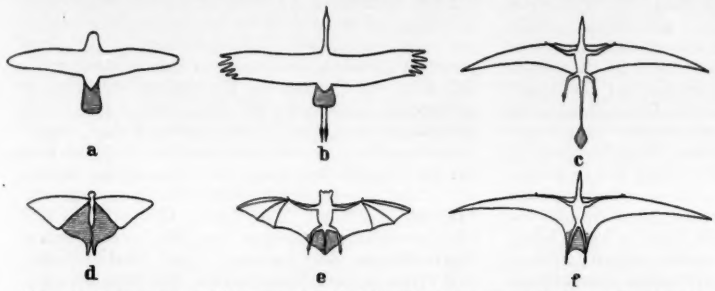


Fig. 15. Lage der Stabilisierungsfläche (schattiert) bei verschiedenen Flugtieren; *a*) und *b*) Vögel, *c*) Flugsaurier vom Typ Ramphorhynchus, *d*) Tagfalter, *e*) Fledermaus, *f*) Flugsaurier vom Typ Pteranodon.

Am Drehmomentenausgleich um die Querachse kann weiterhin auch die Masse des Körpers in verschiedenem Maße teilhaben. Eine gewisse, wenn auch untergeordnete Rolle mag bei Vögeln mit langem Hals und langen Beinen das Ausstrecken derselben nach vorne und hinten, also weit weg vom Drehpunkt, spielen (Fig. 15b). In Flugzuständen, wo mangels ausreichender Anströmung die Schwanzfläche kaum eine Wirkung entfalten kann, wie beim Flug auf der Stelle, wird (mindestens bei langsam schlagenden Formen) der Schwerpunkt möglichst tief gelagert (Fig. 4b). Bei sehr vielen Insekten, die sich auf dieses Fliegen auf der Stelle spezialisiert haben, fehlt überhaupt eine besondere Stabilisierungsfläche.

Besondere Beachtung verdient in diesem Zusammenhang der Flug der Libellen, die bekanntlich

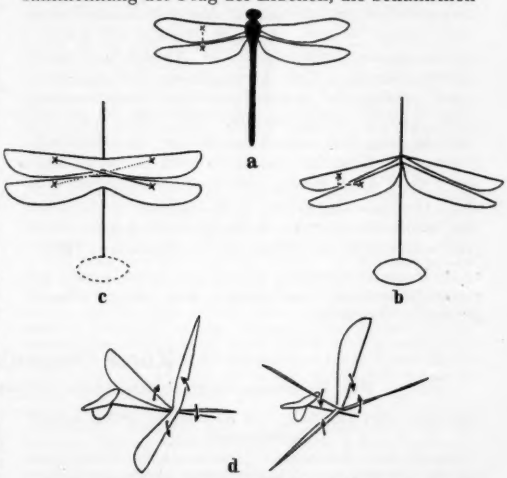


Fig. 16. *a*) Habitus einer Libelle; *b*) und *c*) Flugmodelle nach dem Libellenflugprinzip. In *b*) werden die Flügelpaare wie bei der Libelle alternierend, in *c*) über Kreuz alternierend bewegt. Die Kreuze deuten die jeweilige Lage der Druckpunkte an. *d*) Skizzen zweier typischer Flügelstellungen des Modells *c*) (nach Filmaufnahmen); die kleinen Pfeile bezeichnen die jeweilige Schlagrichtung der Flügel.

[1]) K. LORENZ beschreibt, daß ein schwanzloser Bussard deutlich behindert (unter stabilisierendem Vor- und Zurückbewegen der Flügel), schwanzlose Krähen dagegen ohne sichtbare Beeinträchtigung fliegen konnten.

die Fähigkeit besitzen, ihre beiden Flügelpaare gegensinnig, d. h. im zeitlichen Phasenabstand von einer halben Schwingung, zu bewegen. Der Vorteil einer solchen Flugweise liegt darin, daß sich die Unterschiede in der Wirkung von Auf- und Abschlag ständig gegenseitig kompensieren, da beide Bewegungen jeweils gleichzeitig von je einem Flügelpaar ausgeführt werden. Der Massenschwerpunkt kann daher, im Gegensatz zur Flugweise der Vögel, Fledermäuse usw., mit nahezu gleichbleibender Geschwindigkeit eine geradlinige Bahn zurücklegen. Der Nachteil besteht im Auftreten eines erheblichen Drehmomentes um die Querachse infolge des Abstandes in Längsachsenrichtung, den die Druckpunkte[1]) beider Flügelpaare besitzen (vgl. Fig. 16a). Diesen Schaden gleichen die Libellen erstens durch eine sehr starke Längsstreckung der Körpermasse aus — der typische dünne, lange Libellenkörper ist ohne Zweifel ein Korrelat zur Flugweise — und dann, wie es scheint, durch Einhalten einer relativ hohen Schlagfrequenz; bei kleineren benötigten Luftkräften wird offenbar vorzugsweise die Amplitude und nicht, wie sonst üblich, die Frequenz herabgesetzt.

Das Flugverfahren der Libellen ist am Flugmodell wesentlich einfacher als das der Vögel darzustellen. Die relativ langsame Schlagfrequenz der bisher von uns gebauten Modelle (Spannweite nicht unter 30 cm) verlangt freilich als zusätzlichen Momentenausgleich die Anbringung einer Schwanzfläche. Man kann dieses Drehmoment stark verringern, indem man die Flügel schräg nach hinten verlaufen läßt (Fig. 16b), was eine Annäherung der Druckpunkte in Längsachsenrichtung ermöglicht; beseitigt wird es, wenn man die Flügel über Kreuz miteinander schlagen läßt (Fig. 16c, d). In diesem Falle ist ein stabiler Flug (bei nicht zu geringer Schlagfrequenz) auch ohne jede weitere Fläche, wie bei der Libelle selbst, durchaus möglich. Bei größerer Bauweise macht allerdings ein gewisses Moment um die Hochachse die Anbringung mindestens einer vertikalen Stabilisierungsfläche notwendig, während eine weitere horizontale die Flugsicherheit erhöht[2]).

Diese kurzen Ausführungen über das bisher im Schwingenmodellbau Erreichte sollten nur zeigen, daß ein sicherer Ausgangspunkt für exakte Messungen geschaffen ist; eine gründliche Weiterentwicklung der Modelle für die besonderen Meßzwecke ist jedoch erforderlich. In Verbindung mit einer noch auszubauenden Theorie würde es dann möglich sein, den Einfluß der Einzelheiten der Flügelbewegung, die Rolle der absoluten Größe, der Flügelform und der Flächenbelastung und, damit zusammenhängend, der reduzierten Frequenz und der Reynoldsschen Zahl, den Einfluß der Kraftverteilung, die gegenseitige Beeinflussung mehrerer Flächen (Vorflügel, Spaltflügel, Doppelflügel der Libellen und Heuschrecken usw.), die verschiedenen Möglichkeiten der Steuerung und Stabilisierung und vieles weitere festzustellen. Damit wäre auch für eine künftige Entwicklung der menschlichen Flugtechnik in dieser Richtung — eine Möglichkeit, die sich heute ebensowenig bestreiten wie beweisen läßt — die nötige exakte Basis gegeben.

Enges Zusammenwirken biologischer und physiologischer, physikalisch-technischer und aerodynamischer Methoden und Anschauungsweisen, wozu dieser Aufsatz eine Anregung geben wollte, wird hoffentlich bald dazu führen, daß aus diesem Gebiet, das nach so verschiedenen Seiten Interessantes bietet, und das bisher — sei es wegen seiner Schwierigkeiten, sei es aus Widerspruch gegen allzu unkritisch-optimistische Vorstellungen oder aus dem Gefühl einer längst über die Natur erreichten Überlegenheit heraus — so sehr vernachlässigt wurde, ein neuer blütenreicher Zweig der deutschen Wissenschaft erwächst: die *Flugbiophysik*.

[1]) Unter Druckpunkt ist hier der Schwerpunkt der Auftriebsverteilung des rechten und linken Flügels getrennt verstanden.

[2]) Ein Flugmodell dieses Typs von 0,5 m Spannweite führte beim obenerwähnten Breslauer Wettbewerb Steigflüge von 6—7 m Startüberhöhung und bis zu 44 sec Dauer aus.

Kurze Originalmitteilungen.

Für die kurzen Originalmitteilungen ist ausschließlich der Verfasser verantwortlich.

Versuche über Impfung von Kaninchen gegen aviäre Tuberkulose.

Bereits Koch und später v. Behring haben beobachtet, daß die immunisierenden Eigenschaften abgetöteter Tuberkelbakterien sich im nichtwasserlöslichen Anteile vorfinden (Kochs T.R. und v. Behrings T.C.). Beide Forscher waren bestrebt, ein leichter resorbierbares Vaccin von geringerer lokaler Reizwirkung als der unbehandelter Tuberkelbakterien darzustellen. Man hat gefunden, daß auch anderen Fraktionen von Tuberkelbakterien ein gewisses Immunisierungsvermögen eigen ist. In erster Linie gilt dies von den Lipoidfraktionen, doch können auch entfettete Bakterien als Vaccine wirken. Eine große Anzahl antigene Substanzen ist aus den Tuberkelbakterien isoliert worden; die entsprechenden Antikörper scheinen jedoch für die Immunität keinerlei Bedeutung zu haben. Offensichtlich kennt man keinen unzweideutigen Zusammenhang zwischen Immunisierungsvermögen und chemischer Fraktion oder Antigenstruktur.

Die Versuche, über welche hier berichtet werden soll, gingen aus von der Arbeitshypothese, daß die Tuberkelbakterien als komplexe Antigene Substanzen enthalten können, welche mit den für die Immunisierung wichtigen Antigenen in Konkurrenz zu treten oder sie zu maskieren vermögen. Es läßt sich dann die Möglichkeit denken, durch Fraktionierung von Tuberkelbakterien eine Fraktion zu gewinnen, in welcher das immunisierende Prinzip höhere Konzentration oder bessere Wirkung hat als in den Tuberkelbakterien.

Kaninchen wurden während eines Monats mit 50 auf wiederholte kleine Gaben verteilten Milligramm verschiedener Fraktionen subcutan geimpft. Nach 6wöchiger Erholungspause erhielten die Tiere eine intravenöse Injektion von virulenten Vogeltuberkelbakterien in einer Dosis, welche normale Kaninchen innerhalb etwa 30 Tagen tötete. Als Vaccinstamm wurde ein avirulenter aviärer Stamm Bang verwendet, welcher seit einer Reihe von Jahren in Statens Veterinärbakteriologiska Laboratorium zu Stockholm zur Gewinnung von Tuberkulin in Gebrauch ist. Ein Teil dieser

Bakterien wurde nach ANDERSON sukzessiv mit Alkoholäther, 25proz. Alkohol und salzsaurem Äther extrahiert. Diese Fraktionen zeigten keinen oder nur unbeträchtlichen Vaccineffekt, wohl aber besaßen die in dieser Weise kräftig entfetteten Rückstände deutliche immunisierende Wirkung.

Ein anderer Teil der Bakterien wurde nach MUDD und FLOSDORF bei tiefer Temperatur in der Kugelmühle behandelt und 5mal nacheinander unter Mahlung in der Kugelmühle im Eisbad mit destilliertem Wasser extrahiert. Sowohl die vereinigten Wasserauszüge wie der extrahierte Rest zeigten Vaccinwirkung. Bei einem vorhergegangenen Versuche mit nicht ganz so energischer Extraktion mit physiologischer Kochsalzlösung wies der Extrakt keinerlei Immunisierungsvermögen auf, wohl aber war dieses im ungelösten Rückstande noch vorhanden. Weitere Extraktion des Bakterienrückstandes mit Natriumsalicylat in 10proz. Lösung lieferte keine Ausbeute. Behandlung mit 2proz. Igeponlösung, wobei ein weiterer Teil des Bakterienrestes in Lösung ging, schien eine teilweise Zerstörung der immunisierenden Eigenschaften zu bewirken.

Tabelle 1. Lebensdauer der einzelnen Tiere in Tagen nach virulenter Infektion.

I	II	III	IV	V	VI	VII
23	23	19	20	21	28	21
23	26	22	20	33	29	21
25	26	25	28	33	73	26
25	27	26	37	55	>90	40
26	27	27		60		75
27	33			61		82
28	41			77		>90
28	41			84		
29	53			>90		
29	>90			>90		
30						
30						
33						
37						
38						
42						

I. Kontrolltiere, nicht vorbehandelt. $M = 29{,}6 \pm 0{,}9$.
Tiere vorbehandelt mit:
II. Nur zermahlenen Bakterien, 50-mg-Dosis.
III. Nur zermahlenen Bakterien, 17-mg-Dosis.
IV. Nur zermahlenen Bakterien, 150-mg-Dosis.
V. Säure- bzw. laugebehandelten Emulsionen.
VI. Wasserextrakt.
VII. Resten nach Extraktion mit Wasser.

Bei Impfung mit wässeriger Suspension der gemahlenen, sonst aber unbehandelten Bakterien ergab sich die Vaccindosis 50 mg als optimal. Dosen von 17 und 150 mg zeigten keine Schutzwirkung. Der Effekt der 50-mg-Dosis der nicht fraktionierten Bakterien schien jedoch schwächer zu sein als der des wäßrigen Auszuges bzw. der extrahierten Reste. Ein Teil der nicht separierten wäßrigen Emulsion wurde 18 Stunden bei Zimmertemperatur mit Salzsäure bzw. Natronlauge (p_H 1,9 bzw. 10,0) behandelt. Diese beiden Vaccine zeigten stärkeren Effekt, als die unbehandelte Emulsion oder eine der Fraktionen. Vergleichbare Wirkung wurde nur durch Impfung mit starken Dosen lebender Bakterien erzielt.

Die Ergebnisse dieser Versuche scheinen zu zeigen, daß das immunisierende Prinzip dieser Bakterien sich bei Entfettung nicht zu irgendwie erheblichem Teile extrahieren läßt, sondern in dem entfetteten Rückstande bleibt. Lediglich bei sehr energischer Extraktion mit Wasser geht ein Teil der immunisierenden Eigenschaften in die wäßrige Lösung über; der extrahierte Rest ist auch weiterhin ein wirksames Vaccin.

Behandlung mit Säure bzw. Lauge verstärkt in hohem Grade die immunisierende Wirkung einer wäßrigen Emulsion gemahlener Bakterien. Entweder kann das bedeuten, daß solche Behandlung die Antigeneigenschaften des Vaccins herausholt und leichter zugänglich macht, oder auch, daß sie konkurrierende oder maskierende Substanzen zerstört, ohne dabei das immunisierende Antigen zu schädigen, welches dann stärker zur Wirkung kommen kann.

Die Untersuchung wurde mit Unterstützung durch „Svenska Nationalföreningen mot Tuberkulos" ausgeführt.

(Die Versuche werden fortgesetzt.)

Upsala (Schweden), Fysikalisk-Kemiska Institutionen und Hygienisk-Bakteriologiska Institutionen, Upsala Universitet, den 22. April 1941. GÖSTA WIDSTRÖM.

Die Lokalisation der Adenylnukleotide in der quergestreiften Muskelfaser.

Die Purin- und Pyrimidinbasen haben eine sehr hohe Absorptionsbande bei 2600 Å. Da sich von Elementen mit einem Durchmesser bis zu etwa 1 μ hinab das Ultraviolettabsorptionsspektrum aufnehmen läßt, kann diese charakteristische Absorption zur Lokalisierung dieser Substanzen in der Zelle verwendet werden[1]).

Das Ultraviolettabsorptionsspektrum eines etwa 20 μ dicken lebenden Muskelfaserbündels von Drosophila mit so schwacher Vergrößerung, daß die Zellstrukturen nicht optisch aufgelöst werden, schräg durch das Bündel gemessen, weist ein deutliches Maximum bei 2600 Å auf. Die Höhe dieser Bande entspricht der Größenordnung nach dem Puringehalt, welcher beispielsweise beim Froschmuskel chemisch bestimmt worden ist. Außerdem tritt bei 2800 Å die Absorption der Tyrosin- und Tryptophankomponente des Muskeleiweißes hervor. Da über 90% der Purine des Muskels als Adenylnukleotide vorkommen[2]) und nennenswerte Quantitäten von Pyrimidinen nicht beobachtet worden sind, müssen Adenylsäure und Adenosintriphosphorsäure den Hauptteil der Absorption der Muskelfaser bei 2600 Å bedingen. Eine Mikrophotographie einer Muskelfaser bei dieser Wellenlänge zeigt, daß die Segmente, welche im sichtbaren Licht am schwächsten doppeltbrechend sind, eine stärkere Ultraviolettabsorption haben als die dazwischen liegenden (an Flußkrebs, Taufliege, Frosch, Säugetieren untersucht). Lichtbildserien mit derselben Beleuchtungsapertur bei anderen Wellenlängen ergeben, daß dies zum größten Teil durch eine eigentliche Absorption in Wellenlängen unter 3000 Å und nur in geringerem Maße durch Lichtbrechung bedingt wird. An gewissen Muskelfasern von Astacus und Drosophila mit bis 14 μ hohen Muskelfächern konnten *Absorptionsmessungen in einzelnen Muskelsegmenten* durchgeführt werden. Dieselben wurden bei den Wellenlängen von 2850 Å, 2650 Å sowie in einer Reihe von Fällen auch 2480 Å oder 2310 Å ausgeführt, der Gegend des Eiweißmaximums, Nukleotidmaximums und Punkten innerhalb des kurzwelligen Gebietes entsprechend, wo die Nukleinsäureabsorption rasch sinkt, während die Eiweißabsorption steil ansteigt. Für die isotropen Segmente war die Absorption bei 2650 Å weit höher als bei 2850 Å, während für die anisotropen die Absorptionen ungefähr gleich waren, doch in einzelnen Fällen etwas wechselnd; meistens war die 2850-Å-Absorption die höhere. Die Absorption der isotropen Segmente liegt bei 2850 Å etwas über derjenigen der anisotropen und bei 2650 Å hoch über derselben. In den kürzeren Wellenlängen nähern sich die Absorptionswerte der beiden Segmente einander rasch, indem die Absorption der isotropen sinkt und die der anisotropen steigt. Diese Resultate zeigen, daß die Absorption der anisotropen Segmente durch Eiweißstoffe sowie einen niedrigen, wechselnden Gehalt an Substanzen mit der 2600-Å-Bande, d. h. an Adenylnukleotiden, bedingt wird. Die Absorptionskurve der isotropen Bänder wird dagegen von der hohen Nukleotidabsorption bei 2600 Å beherrscht, welche sich über eine Eiweißabsorption von derselben Größenordnung wie in den anisotropen Segmenten lagert.

Die Adenylnukleotide, Substanzen, welche die Unterlage eines der primären exothermischen Prozesse beim Vorgang der Muskelkontraktion darstellen, sind demzufolge hauptsächlich in Segmenten lokalisiert, die mit den längsverlaufende Myosinketten enthaltenden, als der eigentliche Ort der Kontraktion betrachteten Segmenten regelmäßig abwechseln. Das ultraviolettmikroskopische Bild zeigt oft, wie kleinere Teile der stark absorbierenden Substanzen in den isotropen Segmenten in die anisotropen Partien zwischen den Fibrillenbündeln hinabfließen — inwieweit es sich hierbei um Kunstprodukte handeln kann, das läßt sich nicht entscheiden. Bei einer derartigen Betrachtungsweise ist auch die Beobachtung, daß die Adenosintriphosphatase, um ihre Wirkung entfalten zu können, an das Myosin ge-

bunden sein muß[3]), von Interesse, da dieselbe auf die Möglichkeit hinweist, daß auch derjenige Faktor, welcher den exothermischen Prozeß *auslöst*, strukturgebunden sein kann.

Die sich langsam kontrahierende glatte Muskulatur läßt einen derartigen Strukturbau gänzlich vermissen.

Stockholm, Chemische Institution des Karolinischen Instituts, den 10. Mai 1941.

T. Caspersson. B. Thorell.

[1]) Caspersson, Naturwiss. **29**, 33 (1941).
[2]) Parnas, Biochem. Z. **206**, 16 (1929).
[3]) Engelhardt u. Ljubimowa, Nature (Lond.) **144**, 668 (1939).

Bemerkung zu der Arbeit von K. H. Meyer „Über die Anordnung der Glucosereste im Glykogen".

In H. 19 der Naturwiss.[1]) bringt K. H. Meyer eine Notiz über Glykogen, die mit dem allgemeinen Teil seiner vor kurzem in der Helvet. chim. Acta[2]) in französischer Sprache erschienenen Arbeit identisch ist. Seine darin vorgeschlagene Glykogenformel stimmt im wesentlichen mit der unserigen[3]) aus dem Jahre 1937 überein.

Auf Grund von viskosimetrischen wie osmotischen Messungen in Verbindung mit den Endgruppenbestimmungen von Haworth führten wir damals den Nachweis, daß das Glykogen aus annähernd kugelförmigen Makromolekülen mit stark verzweigten Glucoseketten besteht. Durch die Sichtbarmachung der Glykogenmoleküle[4]) fanden diese Aussagen eine volle Bestätigung. *Die zahlreichen Veröffentlichungen des Freiburger Laboratoriums[5]) über Glykogen werden von* Meyer *weder in seinen obengenannten Publikationen noch in seinem vor kurzem erschienenen Buch: Hochpolymere Chemie, 2. Band[6]), angeführt; vielmehr schreibt er diese neuen Erkenntnisse über den Bau des Glykogenmoleküls* Haworth, Hirst *und* Isherwood *zu.*

Haworth[7]) hat bekanntlich auf Grund einer falschen Deutung seiner Endgruppenbestimmungen früher angenommen, daß Stärke und Glykogen relativ kurzkettige Fadenmoleküle besitzen; diese sollten sich dann sekundär zu den Micellen assoziieren. *Erst nach Erscheinen unserer Arbeit über den verzweigten Aufbau der Stärkemoleküle*, in der wir auf die fehlerhaften Überlegungen hinwiesen, zieht neuerdings dieser Forscher wie auch seine Mitarbeiter für Glykogen einen makromolekularen Bau in Betracht[8]), ohne allerdings in der ersten Arbeit eine bestimmte Entscheidung zwischen einem makromolekularen oder micellaren Aufbau zu treffen. Der Beweis für den makromolekularen Bau wurde von uns durch polymeranaloge Umsetzungen erbracht.[5])

Freiburg i. Br., Forschungsabteilung für Makromolekulare Chemie des Chemischen Laboratoriums der Universität, den 14. Mai 1941.

H. Staudinger. E. Husemann.

[1]) K. H. Meyer, Naturwiss. **29**, 287 (1941).
[2]) K. H. Meyer et M. Fuld, Helvet. chim. Acta **24**, 375 (1941).
[3]) H. Staudinger u. E. Husemann, Liebigs Ann. **530**, 1 (1937).
[4]) E. Husemann u. H. Ruska, J. prakt. Chem. **156**, 1 (1940) — Naturwiss. **28**, 534 (1940).
[5]) H. Staudinger u. E. Husemann, Ber. dtsch. chem. Ges. **70**, 1451 (1937). — H. Staudinger, Naturwiss. **25**, 673 (1937). — Derselbe in C. R. Carlsberg, Sér. chim. **22**, 494 (1937). — E. Husemann, Papierfabrikant **36**, 559 (1938). — H. Staudinger u. F. Zapf, J. prakt. Chem. **157**, 1 (1940). — H. Staudinger, Organische Kolloidchemie. Braunschweig: Vieweg 1940.
[6]) S. 393. Leipzig: Akad. Verlagsbuchhandlung 1940.
[7]) W. N. Haworth u. Mitarbeiter, J. chem. Soc. Lond. **1932**, 2277, 2375 — Chem. a. Ind. **1934**, 1059; **1935**, 865 — J. chem. Soc. Lond. **1935**, 1201, 1214, 1299.
[8]) Haworth, Hirst, Isherwood, J. chem. Soc. Lond. **1937**, 577. — Haworth, Hirst, Smith, J. chem. Soc. Lond. **1939**, 1914.

Ein Papillom-Virus aus Kaninchenhaut.

Bei den nordamerikanischen Cottontail-Kaninchen ist ein gutartiges, aber sehr ansteckendes Hautpapillom verbreitet (Fig. 1), das durch ein Virus übertragen wird[1]). Auch Hauskaninchen sind für die Krankheit empfänglich; die bei diesen Tieren nach intradermalen Einreibungen von Shope-Extrakten entstehenden Hauttumoren lassen sich aber nur sehr selten durch zellfreie Extrakte weiterverimpfen[2]). Dagegen gehen die Papillome der Hauskaninchen im Gegensatz zu denen der Cottontails häufig in Carcinome über[3]). Worauf diese Unterschiede beruhen, konnte bisher nicht festgestellt werden.

Im Laufe von Versuchen, über die ich im Biol. Zbl. ausführlich berichten werde, habe ich mehrfach zellfreie Extrakte aus der Haut äußerlich gesunder Hauskaninchen in die mit Sandpapier oberflächlich verletzte Haut ebensolcher Tiere ein-

Fig. 1. Cottontail-Papillom (3/4 nat. Größe).

gerieben. Vier von fünf bisher untersuchten Hautextrakten verschiedener Hauskaninchen induzierten bei den Empfängern Papillome, die genau so aussahen wie Cottantail-Papillome (Fig. 2) und sich wie diese zellfrei auf weitere Hauskaninchen übertragen ließen. Ein Tier, das in derselben Weise mit einem Extrakt aus der eigenen Haut behandelt worden war, bekam ebenfalls ein typisches Papillom. Die für diese Versuche verwendeten Kaninchen waren weder vor

Fig. 2. Durch Hautvirus ausgelöstes Papillom (3/4 nat. Gr.).

noch nach den Extraktversuchen mit Virustieren in Berührung gekommen; die Möglichkeit einer unbeabsichtigten Infektion scheidet also aus.

Unsere Beobachtungen lassen ebenso wie die damit vergleichbaren Befunde bei Herpes simplex, bei der Virus III-Infektion der Kaninchen und bei der Ektromelie der Mäuse zwei Deutungen zu: Entweder erfolgt bei der Übertragung eine Neubildung von Virus aus normalem Zelleiweiß (endogene Virusentstehung), oder aber ein latentes Virus wird durch den Eingriff pathogen. In beiden Fällen erhebt sich die weitere Frage, ob sich der betreffende Vorgang bei der Verarbeitung der Explantate zu Extrakten oder erst in dem empfangenden Gewebe abspielt.

Solange die Identität zwischen dem Hautvirus und dem Shopeschen Papillomvirus nicht erwiesen ist, muß nunmehr mit der Möglichkeit gerechnet werden, daß alle bisher beobachteten Hauskaninchenpapillome sowie deren Tendenz zu carcinomatöser Entartung auf Wirkungen des „Hautvirus" zurückgehen.

Die Arbeiten wurden mit Unterstützung des Reichsforschungsrates und der I. G. Farbenindustrie (Werk Elberfeld) durchgeführt.

Berlin-Dahlem, Arbeitsstätte für Virusforschung der Kaiser Wilhelm-Institute für Biochemie und Biologie, den 15. Mai 1941. R. DANNEEL.

[1]) R. E. SHOPE, J. of exper. Med. **58**, 607 (1933).
[2]) R. E. SHOPE, Proc. Soc. exper. Biol. a. Med. **32**, 830 (1935).
[3]) P. ROUS, J. W. BEARD, J. of exper. Med. **62**, 523 (1935) — Proc. Soc. exper. Biol. a. Med. **32**, 578 (1935).

Über die Oberflächenenergie von Metallkristallen.

Wegen des Vergleiches von röntgenographisch indirekt ermittelten Oberflächen mit den zugehörigen Erhöhungen der Lösungswärmen[1]) bestand für uns großes Interesse an einer Kenntnis der Oberflächenenergien von Metallen. Durch neuere Arbeiten von M. VOLMER[2]), W. KOSSEL[3]) sowie J. N. STRANSKI[4]) und dessen Mitarbeitern R. KAISCHEW und L. KRASTANOW[5]) sind Voraussetzungen geschaffen worden, welche eine recht genaue Berechnung der Oberflächenenergien aus den Sublimationswärmen gestatten, wenn man es mit einatomaren Gittern zu tun hat. Nach VOLMER[2]) gilt im Temperaturbereich der Gültigkeit des Gesetzes von DULONG und PETIT

$$N \cdot \varphi_{1/2} = \lambda + {}^1/_2 RT,$$

worin bei einatomaren Gittern λ die atomare Sublimationswärme, N die LOSCHMIDTsche Zahl und $\varphi_{1/2}$ die Ablösearbeit eines Kristallbausteines (Atoms) aus der Halbkristalllage[4]) und damit die halbe Ablösearbeit aus dem Inneren des Kristalls bedeutet. Nach neuesten experimentellen Untersuchungen von STRANSKI[4]) ist bei hexagonal dichtester Kugelpackung die Ablösearbeit der Kristallbausteine von den nächsten Gitternachbarn φ_1 rund 99mal so groß wie die von den übernächsten φ_2. Eine einfache Überlegung zeigt, daß dann Entsprechendes auch für das kubisch flächenzentrierte Gitter zu erwarten ist.

Die Berechnung der Oberflächenenergien vereinfacht sich dadurch nicht nur ganz wesentlich, sondern gewinnt auch erheblich an Sicherheit.

Für die Berechnung der Oberflächenenergie benötigt man die Kenntnis der halben Ablösearbeit eines gittermäßig richtig auf die (nicht in die) betreffende Oberfläche gebauten Bausteines und die Zahl der Bausteine pro Quadratzentimeter, bei Mitberücksichtigung von φ_2 unter Umständen auch noch die Ablösearbeit der übernächsten Bausteine und deren Zahl pro Quadratzentimeter. Notwendige Voraussetzungen sind also außer der Sublimationswärme Gittertyp und Gitterkonstante bzw. der daraus berechnete Atomdurchmesser. Die erforderlichen Sublimationswärmen für die „Standardtemperatur" von 25° können für eine große Zahl von Metallen mit recht guter Zuverlässigkeit einer zusammenfassenden Arbeit von KELLEY[6]) entnommen werden. Die Berechnungen setzen natürlich einatomaren Dampf voraus.

Einige auf dem geschilderten Wege erhaltenen Resultate inden sich in Tabelle 1 und 2. Die Oberflächenenergie ist darin mit einem σ bezeichnet, welches die betreffende Fläche als Index trägt. Der Einfluß von φ_2 ist entsprechend obigem Befund von STRANSKI abgeschätzt und mit berücksichtigt. Er beträgt für σ_{001} in Tabelle 1 +0,5 %, für σ_{001} in Tabelle 2 null % und für σ_{111} in Tabelle 2 +0,5 %.[7]) Für σ_{001} von Tabelle 2 ist dabei mit den φ_2 auch die Ablösearbeit der übernächsten Atomschicht berücksichtigt.

Tabelle 1. Hexagonal dichteste Kugelpackung ($\varphi_{1/2} = 6\,\varphi_1 + 3\,\varphi_2$).

Metall	Sublimationswärme bei 25° in kcal	Gitterkonstante in Å	σ_{001} (Oberflächenbildungsarbeit pro Atom $= 1{,}5\,\varphi_1 + 1{,}5\,\varphi_2$)
Mg	35,91	3,203	728 erg/cm²
Zn	31,19	2,659	898 erg/cm²
Cd	26,75	2,973	617 erg/cm²

Tabelle 2. Kubisch flächenzentriertes Gitter ($\varphi_{1/2} = 6\,\varphi_1 + 3\,\varphi_2$).

Metall	Sublimationswärme bei 25° in kcal	Gitterkonstante in Å	σ_{001} (Oberflächenbildungsarbeit pro Atom $= 2\,\varphi_1 + 1\,\varphi_2$)	σ_{111} (Oberflächenbildungsarbeit pro Atom $= 1{,}5\,\varphi_1 + 1{,}5\,\varphi_2$)
Al	67,5	4,041	1923 erg/cm²	1674 erg/cm²
Ni	98,28	3,5168	3696 erg/cm²	3222 erg/cm²
Cu	81,53	3,608	2913 erg/cm²	2535 erg/cm²
Ag	69,12	4,078	1934 erg/cm²	1683 erg/cm²
Au	90,49	4,0704	2539 erg/cm²	2210 erg/cm²
Pb	46,39	4,940	886 erg/cm²	771 erg/cm²

Man ersieht aus den Tabellen, daß bei den Metallen recht hohe Oberflächenenergien herauskommen und daß die früher bekannt gewordenen Zahlen erwartungsgemäß[8]) nur untere Grenzwerte darstellten.

Beim kubisch raumzentrierten Gitter sind die Ablösearbeiten von den zweitnächsten Nachbarn φ_2 von größerer Bedeutung, weil diese nur wenig weiter entfernt sind als die nächsten Nachbarn (Entfernungsverhältnis 1 : 1,154). Wenn man annimmt, daß die Anziehungskräfte mit der 13. Potenz der Entfernung abnehmen[9]), so erhält man die in Tabelle 3 wiedergegebenen Zahlen, die größenordnungsmäßig richtig sein dürften. Bei σ_{001} ist dort mit den φ_2 wieder die Ablösearbeit der zweitnächsten Atomschicht mitberücksichtigt.

Tabelle 3. Kubisch raumzentriertes Gitter ($\varphi_{1/2} = 4\,\varphi_1 + 3\,\varphi_2$).

Metall	Sublimationswärme bei 25° in kcal	Gitterkonstante in Å	σ_{001} (Oberflächenbildungsarbeit pro Atom $2\,\varphi_1 + 1\,\varphi_2$)	σ_{110} (Oberflächenbildungsarbeit pro Atom $1\,\varphi_1 + 1\,\varphi_2$)
Cr	89,37	2,878	3610 erg/cm²	2750 erg/cm²
α-Fe	96,68	2,861	3980 erg/cm²	3010 erg/cm²

Ein wesentliche Folgerung aus den oben mitgeteilten Zahlen ist die, daß Oberflächeneffekte bei Metallen thermodynamisch, katalytisch usw. sehr viel größere Bedeutung haben, als man bisher meist annahm.

Eine ausführliche Arbeit mit weiteren Berechnungen, bei welchen u. a. auch die Umrechnung der oben mitgeteilten freien Oberflächenenergien in die sehr nahe benachbart liegenden Gesamtoberflächenenergien, sowie die Berechnung des Energieinhaltes bestimmter aktiver Stellen gebracht wird, erscheint demnächst in einer Fachzeitschrift.

Stuttgart, Laboratorium für anorganische Chemie der Technischen Hochschule, den 17. Mai 1941. R. FRICKE.

[1]) Letzte Arbeit: R. FRICKE u. W. SCHWECKENDIEK, Z. Elektrochem. **46**, 90 (1940). — S. a. R. FRICKE, Z. angew. Chem. **51**, 863 (1938).
[2]) Zusammenfassung bei M. VOLMER, Kinetik der Phasenbildung. Th. Steinkopff 1939.
[3]) W. KOSSEL, Leipziger Vorträge 1928.
[4]) J. N. STRANSKI, Ber. dtsch. chem. Ges. **72** (A), 141 (1939) und viele andere Arbeiten von STRANSKI und Mitarbeitern.
[5]) R. KAISCHEW u. L. KRASTANOW, Z. physik. Chem. (B) **23**, 158 (1933). — Ähnliche Probleme behandelten in neuester Zeit H. DUNKEN, H. KLAPPROTH u. K. L. WOLF, Kolloid-Z. **91**, 217 (1940), sowie P. A. THIESSEN u. E. SCHOON, Z. Elektrochem. **46**, 170 (1940).
[6]) K. K. KELLEY, Bull. U.S.-Department interior Bureau of Mines **1935**, 383; zitiert in LANDOLT-BÖRNSTEIN-ROTHS Tabellen **3**. Erg.-Bd., 2709ff. (1936).
[7]) gegenüber einer Berechnung nur auf Grund der φ_1.
[8]) R. FRICKE, l. c., oder R. FRICKE u. F. R. MEYER, Z. physik. Chem. (A) **181**, 409 (1938).
[9]) Aus STRANSKIS oben genannter Untersuchung folgt etwa die 13. bis 14. Potenz (!), was für gerichtete Bindungen zu den *nächsten* Nachbarn zu sprechen scheint.

d-Peptid-Spaltung durch Enzympräparate pflanzlicher Herkunft.

Die erst in jüngster Zeit beobachtete und rasch zu Interesse gelangte *d-Peptid*-Spaltung durch Enzympräparate schreibt man heute einem neuen Typus von Peptidasen, den *„d-Peptidasen"*, zu. Für die nähere Untersuchung dieser Enzyme haben Präparate *tierischer* Herkunft gedient. Über ihr Vorkommen äußert sich kürzlich K. MAYER[1]) in einer zusammenfassenden Abhandlung: „es scheint auf die *höheren Tiere* beschränkt zu sein."

Spaltung von d-Peptiden läßt sich aber — wie wir zeigen werden — auch im Falle von Enzympräparaten *pflanzlicher* Herkunft beobachten. *Hier ist sie unter ganz anderen*

Bedingungen anzutreffen und besitzt ohne Zweifel eine andersartige Bedeutung als man anfänglich im Bereich des Tierreichs annahm und zum Teil auch heute noch annimmt. Als wichtiges Vorkommen haben wir zunächst *wachsende Teile von Keimpflanzen* erkannt.

Dieser Befund scheint uns von ganz außerordentlicher Bedeutung; er berührt grundlegende Fragen pflanzenphysiologischer, enzymchemischer und chemischer Art und gibt u. a. Anlaß zu folgenden Überlegungen:

1. Ist die Fähigkeit zur Spaltung von d-Peptiden nur in *wachsenden* Pflanzenteilen oder auch in *ausgewachsenen* vorhanden?

2. Für den Fall der Beschränkung auf *wachsende* Pflanzenteile ist zu entscheiden, ob das Enzym nur in den wachsenden Teilen von *Keimpflanzen* anzutreffen ist oder ob es sich auch in den Streckungszonen hinter den Vegetationspunkten *älterer* Pflanzen sowie in den wachsenden Teilen der *ausdauernden* Pflanzen, welche alljährlich aus Knospen austreiben, findet.

3. Beschränkt sich das Vorkommen des neuen Enzymtypus auf *bestimmte Pflanzengruppen* oder ist er *Allgemeinbesitz* des Pflanzenreichs?

4. Ist das Vorkommen im wachsenden Gewebe gebunden an den Vorgang der *Zellteilung* oder der *Zellstreckung*[2])?

5. Kommt das Vermögen zur d-Peptid-Spaltung Enzymen zu, die *absolute* stereochemische Spezifität zeigen, also als *„d-Peptidasen"* im strengsten Sinne des Wortes zu bezeichnen sind? Oder besteht ihre Eigenart darin, daß sie an Stelle eines *absoluten* sterischen Auswählens — etwa analog dem Verhalten der Lipasen — eine *„relative* Spezifität" zeigen, d. h. zur Spaltung *beider* Komponenten, wenn auch mit ungleicher Geschwindigkeit, befähigt sind?

6. Es wäre aber auch möglich, daß die Spezifitätsabwandlungen nicht im *Enzymmolekül selbst* begründet sind, sondern vielmehr durch *abdissoziierende Stoffe*, die die Zelle unter bestimmten physiologischen Bedingungen bildet oder benützt, verursacht werden.

7. In Anbetracht der in neuerer Zeit von verschiedenen Seiten gemachten Angaben über das Vorkommen *razemisierender* Enzyme[3]) sollten weitere Untersuchungen auch in folgender Frage zu einer auf dem Experiment beruhenden Entscheidung kommen: Es ist nicht gerade wahrscheinlich, aber an und für sich möglich, daß die d-Peptide durch eine Razemase der Spaltung durch die bekannten l-Peptidasen zugänglich gemacht werden; die in Erscheinung tretende Umsetzungsgeschwindigkeit würde dabei durch die Geschwindigkeit des Rezemisierungsvorganges limitiert werden.

8. Worin besteht im Bereich des pflanzlichen Zellgeschehens die Bedeutung dieser Enzyme? Dienen sie zur „Abwehr" der Bildung bzw. Anhäufung von Peptiden „unnatürlicher" Konfiguration oder ist diese Bildung gerade ihre besondere Aufgabe?

9. Finden im *Eiweißaufbau pflanzlicher „d-Peptidase"-Vorkommnisse d-Peptide* Verwendung; ist die bisher als *„unnatürlich"* bezeichnete Peptid-Komponente wirklich unnatürlich?

Die *Entdeckung* der „d-Peptidasen" ist im Falle der *tierischen* Enzyme das große Verdienst von E. Waldschmidt-Leitz und K. Mayer[4]). Darüber hinaus haben diese Forscher die Aufmerksamkeit auf einen evtl. Zusammenhang zwischen dem Auftreten dieser Enzyme und dem Bestehen malignen Gewebes gelenkt, diese Frage durch neue Gedanken gefördert und ganz allgemein der „d-Peptidase" erst ihre Aktualität gegeben. Zu den Untersuchungen, die uns nunmehr die *Auffindung im Pflanzenreich* ermöglichten, wurden wir durch einen Widerspruch in der Literatur angeregt. Eine Arbeit von J. Berger und M. J. Johnson[5]), die einige Monate früher als diejenige der Prager Autoren veröffentlicht wurde, enthält einige nicht weiter ausgewertete Angaben über eine Spaltung von d-Leucylglycin durch Auszüge aus Grünmalz. Diesem Befunde stehen indes gegenteilige Feststellungen gegenüber; so bemerken H. v. Euler und B. Sjöman[6]) ausdrücklich, daß *nur die l-Form* von Leucylglycin gespalten wird. Konnte demnach die d-Peptid-Spaltung im Falle gekeimter Gerste bisher als unentschieden gelten, so ist sie nunmehr als *tatsächlich vorhanden* und darüber hinaus als *im Pflanzenreich weiter verbreitet* bewiesen.

Im voranstehenden sollte nur das *Grundsätzliche* in bezug auf d-Peptidspaltung durch Enzympräparate pflanzlicher Herkunft mitgeteilt werden. Die experimentelle Untersuchung der oben skizzierten Probleme, die bereits im Gange ist, möchten wir uns vorbehalten; wir werden demnächst im Rahmen einer Untersuchungsreihe über Peptidasen[7]) in der Biochem. Z. eingehender über die ersten Ergebnisse berichten.

Ausgewählte Belege für die d-Peptid-Spaltung:

1. Enzymmaterial: Unsere Enzymlösungen, die d-Peptid-Spaltung hervorrufen, sind wässerige Auszüge aus an der Luft oder im Vakuumexsikkator über Kalk getrockneten Keimpflanzen oder Keimpflanzenteilen. Diese wurden nach dem Zerkleinern bis zur Pulverfeinheit mit der 10fachen Gewichtsmenge destillierten Wassers 2 Stunden bei Zimmertemperatur ausgezogen. Wenn dabei das p_H unter 6 sank, nahmen wir eine vorsichtige Neutralisation mit verdünnter Ammoniaklösung vor. Wo eine Dialyse durchgeführt wurde, erfolgte sie während $^1/_2$—1 Tag in Hammelblinddärmen gegen destilliertes Wasser, wodurch eine beträchtliche Herabsetzung des Laugenverbrauches bei der Anfangsstoppung eintrat: beispielsweise von 0,86 ccm $^n/_{20}$-KOH pro 1 ccm Titrationsprobe auf 0,22 ccm $^n/_{20}$-KOH (im Falle der Versuche mit Weizenkeimlingen). Die Keimung der Samen erzielten wir durch 48stündiges Weichen in Wasser und anschließendes Ausbreiten der Samen auf feuchtes Filtrierpapier. Sie erfolgte bei Zimmertemperatur und nahm bei den verschiedenen Samen zwischen 4 und 12 Tagen in Anspruch. Der „Blattkeim" (Coleoptile und das von dieser umschlossene erste Laubblatt) wies Längen zwischen 0,5 und 1,5 cm auf.

2. Versuchsansatz: Der Versuchsansatz beträgt 10 ccm (gelegentlich nur die Hälfte); im 10 ccm-Ansatz befinden sich 0,188 g d, l-Leucylglycin (= 5 ccm einer Stammlösung, die in 100 ccm 3,76 g Dipeptid und 6 ccm $^n/_1$-Kalilauge enthält; p_H der Lösung = 7,8). Die Reaktionslösung ist also hinsichtlich des Dipeptids 0,1-molar. An Enzymlösung wurden jeweils 4 ccm zugegeben. Die Versuchstemperatur betrug 37°. In der Untersuchungsprobe von 1,0 ccm zeigt bei Anwendung des Titrationsverfahrens von R. Willstätter und E. Waldschmidt-Leitz 1,00 ccm $^n/_{20}$-alkoholischer Lauge den Endpunkt der Spaltung durch l-Dipeptidase, das sind 50 %, an. Dem Ansatz sind 5 Tropfen Toluol zugefügt.

In den *Versuchen mit Metallsalzzusatz* sind $MnCl_2$ und $CoCl_2$ in einer Konzentration entsprechend einer 0,001-molaren Lösung, $MgCl_2$ in 10fach höherer Konzentration vorhanden.

3. Versuchsergebnisse: Die Versuchsergebnisse sind in den Tabellen 1 mit 7 wiedergegeben. Die Werte der Aciditätszunahme in Versuchen: Enzymlösung *ohne* Substrat bzw.: Enzymlösung + Metallsalz *ohne* Substrat sind nur bei undialysierten Lösungen beachtlich; bei den angeführten Werten der Dipeptidspaltung sind sie bereits in Abzug gebracht. Aus den Ergebnissen lassen sich nachstehende Folgerungen ziehen:

a) Einen *hohen Dipeptidasegehalt* (Wirkung gegenüber Leucylglycin) weisen die Keimpflanzen der *Linse* (Lens esculenta), der *Erbse* (Pisum sativum), des *Hafers* (Avena sativa), des *Weizens* (Triticum vulgare), der *Gerste* (Hordeum vulgare) (Tabelle 1 mit 7) und des *Roggens* (Secale cereale) auf.

b) Die *Umsetzungsgeschwindigkeit der l-Komponente* des *Dipeptids* läßt sich durch Zusatz gewisser Metallsalze, besonders von *Mangano-* und *Magnesium*ionen, erhöhen (Tabelle 1 mit 7). Da der Aktivierungseffekt im Falle *dialysierter*

Tabelle 1. Auszug aus Keimlingen und Primordialwurzeln der Linse.
(Verlauf der Spaltung von d, l-Leucylglycin.)

Versuchsdauer (Stdn.)	Aciditätszuwachs (ccm $^n/_{20}$-Lauge) in 1 ccm Untersuchungsprobe (Prozent Spaltung)			
	ohne Zusatz		Mn^{++} ($^1/_{1000}$ mol.)	
2	0,40	(20 %)	0,96	(48 %)
19	1,10	(55 %)	1,36	(68 %)
43	—	—	1,66	(83 %)
72	1,16	(58 %)	1,76	(88 %)
94	—	—	1,80	(90 %)
142	1,30	(65 %)	1,90	(95 %)

Tabelle 2. Auszug aus Keimlingen und Primordialwurzeln der Erbse.
(Verlauf der Spaltung von d, l-Leucylglycin.)

Versuchsdauer (Stdn.)	Aciditätszuwachs (ccm $^n/_{20}$-Lauge) in 1 ccm Untersuchungsprobe (Prozent Spaltung)					
	ohne Zusatz		Mn^{++} ($^1/_{1000}$ mol.)		Mg^{++} ($^1/_{100}$ mol.)	
1	0,14	(7 %)	0,40	(20 %)	0,38	(19 %)
2	0,26	(13 %)	0,68	(34 %)	0,68	(34 %)
4	0,50	(25 %)	0,94	(47 %)	0,96	(48 %)
28	1,04	(52 %)	1,26	(63 %)	1,06	(53 %)
72	1,14	(57 %)	1,62	(81 %)	1,14	(57 %)
139	1,18	(59 %)	1,82	(91 %)	1,18	(59 %)
188	1,20	(60 %)	1,96	(98 %)	1,20	(60 %)

Tabelle 3. Auszug aus Keimlingen und Primordialwurzeln des Hafers.
(Verlauf der Spaltung von d, l-Leucylglycin.)

Versuchsdauer (Stdn.)	Aciditätszuwachs (ccm $^n/_{20}$-Lauge) in 1 ccm Untersuchungsprobe (Prozent Spaltung)					
	ohne Zusatz		Mn^{++} ($^1/_{1000}$ mol.)		Mg^{++} ($^1/_{100}$ mol.)	
1	0,48	(24 %)	0,58	(29 %)	0,50	(25 %)
2	—	—	0,92	(46 %)	—	—
6	—	—	1,10	(55 %)	—	—
24	1,08	(54 %)	1,20	(60 %)	1,00	(50 %)
47	—	—	1,40	(70 %)	—	—
95	1,20	(60 %)	1,60	(80 %)	1,10	(55 %)

Tabelle 4. Auszug aus Keimlingen und Primordialwurzeln des Weizens.
(Verlauf der Spaltung von d, l-Leucylglycin.)

Versuchsdauer (Stdn.)	Aciditätszuwachs (ccm $^n/_{20}$-Lauge) in 1 ccm Untersuchungsprobe (Prozent Spaltung)					
	ohne Zusatz		Mn^{++} ($^1/_{1000}$ mol.)		Mg^{++} ($^1/_{100}$ mol.)	
1	0,52	(26 %)	0,64	(32 %)	0,62	(31 %)
2	—	—	0,92	(46 %)	—	—
40	1,04	(52 %)	1,54	(77 %)	1,00	(50 %)
90	1,10	(55 %)	1,70	(85 %)	1,02	(51 %)

Tabelle 5. Dialysierter Auszug aus Keimlingen und Primordialwurzeln des Weizens.
(Verlauf der Spaltung von d, l-Leucylglycin.)

Versuchsdauer (Stdn.)	Aciditätszuwachs (ccm $^n/_{20}$-Lauge) in 1 ccm Untersuchungsprobe (Prozent Spaltung)					
	ohne Zusatz		Mn^{++} ($^1/_{1000}$ mol.)		Mg^{++} ($^1/_{100}$ mol.)	
1	0,18	(9 %)	0,34	(17 %)	0,42	(21 %)
4	—	—	0,92	(46 %)	0,94	(47 %)
26	0,96	(48 %)	1,14	(57 %)	—	—
76	1,00	(50 %)	1,38	(69 %)	1,02	(51 %)

Tabelle 6. Dialysierter Auszug aus Keimlingen und Primordialwurzeln der Gerste.
(Verlauf der Spaltung von d, l-Leucylglycin.)

Versuchsdauer (Stdn.)	Aciditätszuwachs (ccm $^n/_{20}$-Lauge) in 1 ccm Untersuchungsprobe (Prozent Spaltung)							
	ohne Zusatz		Mn^{++} ($^1/_{1000}$ mol.)		Mg^{++} ($^1/_{100}$ mol.)		Co^{++} ($^1/_{1000}$ mol.)	
1	0,26	(13 %)	0,50	(25 %)	0,52	(26 %)	0,36	(18 %)
2	0,46	(23 %)	0,84	(42 %)	0,80	(40 %)	0,56	(28 %)
4	0,80	(40 %)	1,00	(50 %)	0,94	(47 %)	0,84	(42 %)
9	0,98	(49 %)	1,14	(57 %)	—	—	—	—
26	0,98	(49 %)	1,34	(67 %)	0,94	(47 %)	0,96	(48 %)
49	0,98	(49 %)	1,50	(75 %)	—	—	—	—
74	—	—	—	—	0,96	(48 %)	1,00	(50 %)
97	1,02	(51 %)	1,68	(84 %)	—	—	—	—
162	—	—	—	—	0,96	(48 %)	1,06	(53 %)
190	1,02	(51 %)	1,74	(87 %)	—	—	—	—
240	—	—	—	—	1,00	(50 %)	1,12	(56 %)

Tabelle 7. Dialysierter Auszug aus Primordialwurzeln der Gerste.
(Verlauf der Spaltung von d, l-Leucylglycin.)

Versuchsdauer (Stdn.)	Aciditätszuwachs (ccm $^n/_{20}$-Lauge) in 1 ccm Untersuchungsprobe (Prozent Spaltung)					
	ohne Zusatz		Mn^{++} ($^1/_{1000}$ mol.)		Mg^{++} ($^1/_{100}$ mol.)	
1	0,10	(5 %)	0,20	(10 %)	0,16	(8 %)
4	0,34	(17 %)	0,74	(37 %)	0,60	(30 %)
7	0,50	(25 %)	0,94	(47 %)	0,84	(42 %)
23	0,96	(48 %)	1,16	(58 %)	0,88	(44 %)
71	1,04	(52 %)	1,46	(73 %)	0,94	(47 %)
140	1,04	(52 %)	1,64	(82 %)	0,96	(48 %)
188	1,04	(52 %)	1,70	(85 %)	0,96	(48 %)
212	—	—	1,70	(85 %)	—	—

Lösungen im allgemeinen beträchtlicher ist als bei den ursprünglichen Auszügen (vgl. Tabelle 4 und 5), sind in diesen natürliche Aktivatoren vorhanden, die eine mehr oder weniger vollständige Aktivierung bewirken.

c) Für die Beobachtung der *d-Peptidspaltung* eignen sich nur die *nichtdialysierten* (aktivatorhaltigen) Auszüge (Tabelle 1 mit 4); Mangansalzzusatz läßt die Erscheinung noch wesentlich deutlicher werden (Tabelle 1 mit 4). *Dialysierte* Extrakte (ohne Mn^{++}-Zusatz) spalten praktisch nur bis 50 % oder ganz wenig darüber (Tabelle 5 mit 7): Entweder bleibt hier die d-Komponente völlig unangegriffen oder die Spaltung geht nur mit äußerst geringer Geschwindigkeit voran, so daß die Wirkung erst in Versuchszeiten erkennbar würde, in denen das Enzym einer Schädigung und Zerstörung anheimfällt. Sobald Dialysate jedoch Zusatz von *Mangan*salz erhalten, erlangen sie die Fähigkeit zur Spaltung der d-Komponente (Tabelle 5 mit 7). Eigenartigerweise vermögen Magnesiumionen diese Wirkung nicht hervorzubringen (Tabelle 5 mit 7). Das bedeutet, daß die Aktivierung der l-Peptid- und d-Peptid-Spaltung durch Mn^{++} und Mg^{++} nicht parallel geht: Mn-Ionen aktivieren die l- *und* d-Peptid-Spaltung gut, Magnesium dagegen fungiert nur im Falle der l-Peptid-Spaltung als Aktivator. Der natürlich vorkommende Aktivator kann demnach nicht oder jedenfalls nicht ausschließlich aus Magnesiumsalzen bestehen. Wahrscheinlich kommt die natürliche Aktivierung durch das Zusammenwirken bestimmter Spurenelemente, z. B. des Mangans, mit gewissen Aminosäuren zustande.

Dafür spricht unser Befund, daß bestimmte Kombinationen dieser Art, z. B. *Mn^{++} + Cystein*, wirksamer sind als Mn^{++} allein.

d) Die *Geschwindigkeit*, mit der die Spaltung der d-Komponente erfolgt, ist weit geringer als die Umsetzungsgeschwindigkeit der l-Komponente; in Versuchen mit Mangansalzzusatz geht die d-Peptid-Spaltung je nach Herkunft und Gewinnung des Enzyms 35—70mal langsamer vor sich.

Tübingen, Pharmazeutische Abteilung des Chemischen Instituts der Universität, den 15. Mai 1941.

E. Bamann. O. Schimke.

[1]) Peptidasen, in: Die Methoden der Fermentforschung. S. 2002. Leipzig 1941.

[2]) Vgl. dazu K. Linderstrøm-Lang u. H. Holter, Hoppe-Seylers Z. **204**, 15 (1932).

[3]) Siehe dazu: W. Franke, in: Handbuch der Enzymologie, S. 791. Leipzig 1940.

[4]) Hoppe-Seylers Z. **262**, IV (1939).

[5]) J. of biol. Chem. **130**, 655 (1939).

[6]) Biochem. Z. **264**, 237 (1933); siehe auch H. Lüers u. L. Malsch, Wschr. Brauerei **46**, 265 (1929).

[7]) I. Mitt.: Über die Mangan- und Kobaltaktivierung der Dipeptidasen. Biochem. Z. **308**, 130 (1941).

Über ein neues bei der bakteriophagen Lyse auftretendes Formelement.

Bei der Fortsetzung der Versuche zur Sichtbarmachung der bakteriophagen Lyse[1]) wurde in Kulturen von Streptokokken, Enterokokken, Staphylokokken, Proteus-, Ruhr- und Colibakterien, denen homologe Phagenstämme zugesetzt waren, das in Fig. 1 wiedergegebene Gebilde gefunden. Seine Form erinnert an die eines Spermiums oder eines sporentragenden Tetanusbazillen. Es besteht aus einem

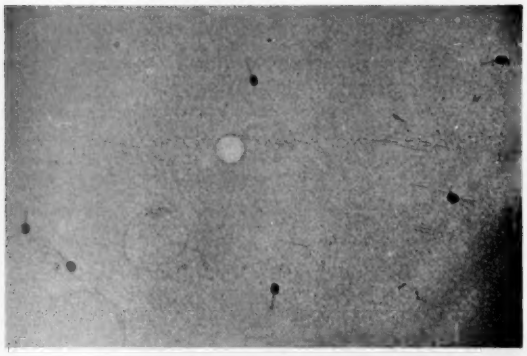


Fig. 1. 5037/41. Auftrocknung aus einer mit Lysat versetzten Aufschwemmung von Ruhrbakterien (Formalinfixation). El.opt.: 12000:1; Abb. 18000:1.

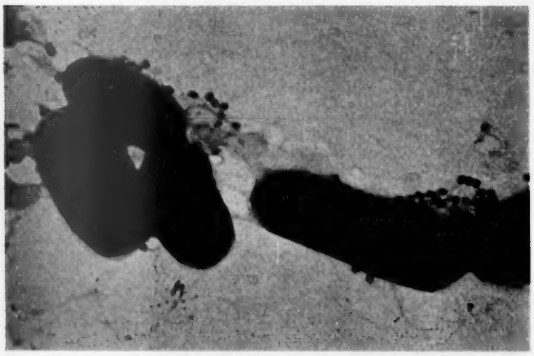


Fig. 2. 5025/41. Wie Fig. 1, mit Bakterien als Vergleichsmaßstab (Osmiumfixation). El.opt. 10000:1; Abb. 15000:1.

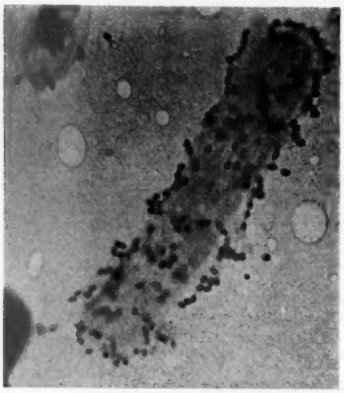


Fig. 3. 5725/40. Auftrocknung aus einem Lyseversuch mit Proteusbakterien (unfixiert). El.opt.: 18000:1.

massendichten (dunkeln) kugeligen Teil und einem stäbchenförmigen Fortsatz. Der kugelige Teil kann eine Innenstruktur erkennen lassen und mehr oder weniger deutlich gedoppelt sein (diplokokkenförmig). Der Fortsatz zeigt vorwiegend eine einheitliche Länge, kann aber auch länger oder kürzer sein oder völlig fehlen. Die Gebilde messen 60—100 mμ in der Breite und einschließlich des Fortsatzes etwa 250—400 mμ in der Länge. Die Stärke des Fortsatzes beträgt um 20 mμ und entspricht damit einerseits etwa der Dicke einer Bakteriengeißel, also einer Differenzierung des Protoplasmas, andererseits der Breite eines makromolekularen Tabakmosaik-Virusteilchens. Zwischen den bei verschiedenen Bakterien auftretenden Formen bestehen gewisse Unterschiede in bezug auf die Gliederung des Kopfes und die Ausbildung des Fortsatzes.

Das neue Formelement ist bisher nur bei der bakteriophagen Lyse beobachtet worden. Unter Umständen haftet es an den Bakterien (Fig. 2) oder auch an isolierten Bakterienmembranen (Fig. 3) und kann dann so ausgerichtet sein, daß der Fortsatz nach dem Zellinnern gerichtet ist. Welche Beziehung es zu den Phagen bzw. zum Phagenprotein hat, wie seine Bildung erfolgt, ob und wie es in den Vorgang der Bakterienauflösung eingreift, ist noch nicht geklärt. Es ist möglich, daß es sich bei den abgebildeten Elementen um die Phagen selbst handelt und daß die früher als Phagenprotein abgebildeten Teilchen[2]) nur ein sekundäres bei der Lyse auftretendes Produkt, ähnlich anderen geformten Produkten des Bakterienstoffwechsels[3]), darstellen. Es wäre aber auch denkbar, daß es ein Abkömmling der Bakterienzelle ist, der noch nicht die letzte bei der übertragbaren Lyse wirksame Einheit darstellt. Nach der Gewinnung von Reinpräparaten soll zu dieser Frage gemeinsam mit G. A. Kausche und E. Pfankuch Stellung genommen werden. Falls wir im Sinne Staudingers alle Makromoleküle als Moleküle auffassen, die aus einer sehr großen Anzahl gleicher Grundmoleküle aufgebaut sind, ist das neue Formelement auf Grund seiner Gestalt nicht als makromolekulares Proteinmolekül anzusprechen. Sollte es den Phagen selbst darstellen, so gewänne die Hypothese d'Herelles an Wahrscheinlichkeit, wonach es sich bei den Bakteriophagen um organisierte Gebilde handelt.

Berlin, Erste Medizinische Universitätsklinik der Charité, und Berlin-Siemensstadt, Laboratorium für Übermikroskopie der Siemens & Halske A.G., den 20. Mai 1941. H. Ruska.

[1]) H. Ruska, Naturwiss. **28**, 45 (1940).
[2]) E. Pfankuch u. G. A. Kausche, Naturwiss. **28**, 46 (1940).
[3]) H. Ruska, Z. Hyg. 1941, im Druck.

Untersuchung über das „19-Minuten"-Isotop von Molybdän und das daraus entstehende Isotop von Element 43.

Anfang 1940 wurde von Sagane, Kojima, Mijamoto und Ikawa über das bis dahin als 24-Minuten-Molybdän bekannte Molybdänisotop eine kurze Notiz veröffentlicht[1]). In dieser teilten sie mit, daß die bisher beobachtete Molybdänaktivität von 24-Minuten-Halbwertszeit[2]) in Wirklichkeit komplex ist und aus einem 19-Minuten-Molybdän besteht, welches ein Isotop des Elements 43 (Masurium) von 9 Minuten Halbwertszeit nachbildet.

Sie fanden nämlich für das mit langsamen Neutronen bestrahlte chemisch abgetrennte Molybdän — nach Abzug der gleichzeitig entstehenden Molybdänaktivität von 67 Stunden Halbwertszeit — eine typische Anstiegskurve. Sie deuteten diese in der üblichen Weise durch die Annahme eines 19-Minuten-Molybdäns, welches ein 9 Minuten-Element 43 nachbildet. Gleichzeitig gaben sie direkte Versuche über die chemische Abtrennung des nachgebildeten Elements 43 an, welche die aus der Anstiegskurve von ihnen erschlossene Halbwertszeit von 9 Minuten auch experimentell bestätigten.

Anfang dieses Jahres erhielten wir durch die Herren Professor HAHN und Dr. STRASSMANN freundlicherweise Kenntnis von ihren vorläufigen, auffälligen Ergebnissen über die aktiven Molybdänisotope, welche bei der Uranspaltung entstehen[3]). Im Zusammenhang hiermit haben wir die Arbeit von SAGANE und Mitarbeitern nachgeprüft. Über unsere Ergebnisse soll hier kurz berichtet werden:

Zur Aktivierung des Molybdäns benutzten wir verlangsamte Neutronen von Beryllium, welches mit Deuteronen beschossen wurde. Unsere Anstiegskurve, gemessen an chemisch abgetrenntem Molybdän, stimmt mit den Angaben von SAGANE und Mitarbeitern überein. Sie zeigt einen Anstieg mit ungefähr 9 Minuten und einen Abfall mit ungefähr 18 Minuten. Wir suchten dann nach dem nachgebildeten Element 43. Die von uns chemisch abgetrennte Aktivität von Element 43 zeigte aber in allen Versuchen eine Halbwertszeit von $14{,}0 \pm 0{,}3$ Minuten und nicht von 9 Minuten, wie sie SAGANE und Mitarbeiter aus ihrer Molybdänanstiegskurve erschlossen, und, worauf besonders hingewiesen werden muß, auch chemisch nachgewiesen hatten. Den Widerspruch zwischen dem von uns experimentell zu 14 Minuten bestimmten Wert der Halbwertszeit von Element 43 und der Deutung der von SAGANE und Mitarbeitern und uns in Übereinstimmung gemessenen Anstiegskurve konnten wir folgendermaßen klären: Durch periodische Abtrennungen bestimmten wir durch einen direkten Versuch, über die Arbeit von SAGANE und Mitarbeitern hinausgehend, die Halbwertszeit der Molybdänmuttersubstanz und fanden einen Wert von $14{,}6 \pm 0{,}3$ Minuten. Auch dieser Wert für die Molybdänaktivität steht im Widerspruch zu der von SAGANE und Mitarbeitern und uns gemessenen Anstiegskurve, wenn man sie nach SAGANE und Mitarbeitern deutet. Auf Grund der von uns gemessenen *fast gleichen* Halbwertszeiten von 14,6 Minuten für Molybdän und 14,0 Minuten für Element 43, lassen sich obige Widersprüche als nur scheinbare jedoch leicht aufklären. Es ist nämlich in dem wohl selten vorkommenden Fall, daß Mutter- und Tochtersubstanz gleiche Halbwertszeit haben, die Anstiegskurve nicht mehr einfach die Differenz zweier e-Funktionen, sondern enthält ein Glied mit $t \cdot e^{-\lambda t}$. Dasselbe gilt asymptomatisch für fast gleiche Halbwertszeiten. Wenn man mit den von uns gemessenen Halbwertszeiten für Molybdän und Element 43 — unter Berücksichtigung der Absorption im Zählrohr — die theoretische Anstiegskurve für diesen besonderen Fall der Zerfallstheorie zeichnet, erhält man tatsächlich eine genaue Übereinstimmung mit den gemessenen Molybdänanstiegskurven. Der Abfall der Anstiegskurve erfolgt nur scheinbar mit 19 Minuten. Bei längerem Beobachten, das durch die gleichzeitig mitgebildete 67-Stunden-Aktivität von Molybdän sehr erschwert wird, würde die Kurve sich langsam einem 14,6-Minuten-Abfall annähern. Damit sind also unsere Ergebnisse vollkommen verständlich und in sich widerspruchsfrei. Gänzlich ungeklärt bleibt allerdings die Frage, warum SAGANE und Mitarbeiter für ihr chemisch abgetrenntes Element 43 eine Halbwertszeit von 9 Minuten gefunden haben, welche so gut zu ihrer — sicher nicht richtigen — Deutung der Anstiegskurve paßt. Für die obere Grenze des β-Spektrums unseres 14-Minuten-Elements 43 fanden wir aus Absorptionsversuchen einen Wert, welcher ungefähr mit dem von SAGANE und Mitarbeitern für ihr 9 Minuten-Element 43 nach gleicher Methode gefundenen Wert von 1,2 eMV übereinstimmt. Es sei darauf hingewiesen, daß auch bei der Uranspaltung unter anderem ein Molybdän von 14 Minuten entsteht, welches ein 14-Minuten-Element 43 nachbildet[3]).

In Übereinstimmung mit SAGANE und Mitarbeitern[4]) konnten wir zeigen, daß die 67-Stunden-Aktivität von Molybdän mit langsamen Neutronen von $Be + d$ und mit schnellen Neutronen von $Li + d$ angeregt wird. Sie ist deshalb der Masse Mo^{99} zuzuordnen. Die jetzt zu 14,6 Minuten bestimmte Molybdänperiode ist nur bei Bestrahlung mit langsamen Neutronen nachweisbar und ist wohl der Masse Mo^{101} zuzuordnen.

Eine ausführliche Beschreibung der Versuche erfolgt demnächst in der Z. f. Physik.

Herrn Professor HAHN und Herrn Dr. STRASSMANN danken wir herzlich für ihren Rat bei der Durchführung der chemischen Abtrennungen.

Berlin-Dahlem, Max Planck-Institut, den 30. Mai 1941.
W. MAURER. W. RAMM.

[1]) SAGANE, KOJIMA, MIJAMOTO, IKAWA, Physic. Rev. 57, 750 (1940).
[2]) SAGANE, KOJIMA, MIJAMOTO, IKAWA, Physic. Rev. 54, 543 (1938).
[3]) Siehe die folgende Mitteilung von HAHN u. STRASSMANN.
[4]) SAGANE, KOJIMA, MIJAMOTO, IKAWA, Physic. Rev. 57, 1179 (1940).

Über die bei der Uranspaltung auftretenden Molybdän-Isotope.

Unter den Produkten der Uranspaltung haben wir bisher zwei Molybdänisotope beschrieben; eines von 66 Stunden Halbwertszeit[1]), das zweifellos identisch ist mit dem schon vorher aus dem Molybdän selbst gewonnenen 67-Stunden-Isotop[2]) und eines von 18 Minuten Halbwertszeit[3]). Von letzterem gaben wir an, daß es nicht identisch ist mit dem von SAGANE und Mitarbeitern[4]) beschriebenen, aus dem Molybdän entstehenden 24-Minuten-Isotop und auch nicht identisch mit dem durch Neutronenabspaltung aus dem Molybdän entstehenden Positronenstrahler von 17 Minuten Halbwertszeit[5]). Daß es sich bei unserem 18-Minuten-Körper um einen Elektronenstrahler handelt, wurde kürzlich durch BOTHE und FLAMMERSFELD bestätigt[6]).

Die japanischen Forscher haben nun unlängst ihre frühere Angabe über das 24-Minuten-Molybdän revidiert. Sie finden jetzt statt 24 Minuten 19 ± 1 Minuten, und weisen nach, daß dieses 19-Minuten-Molybdän ein Isotop des Elements 43 nachbildet, dessen Halbwertszeit sie zu 9 Minuten angeben[7]).

Die sehr gute Übereinstimmung des neuen japanischen Befundes von 19 ± 1 Minuten Halbwertszeit für das Molybdän aus Molybdän mit unserem Wert von 18 Minuten Halbwertszeit für das Molybdän aus Uran, ließ eine Überprüfung unseres Ergebnisses notwendig erscheinen; und zwar einerseits, weil es ja jetzt wieder sehr wahrscheinlich wurde, daß die beiden Isotope identisch sind; andererseits, weil wir im Gegensatz zu den japanischen Forschern aus unseren Abklingungskurven keinen Hinweis auf die Nachbildung eines Isotops des Elements 43 erhalten hatten. Wir haben also unsere Versuche über das Molybdän aus Uran noch einmal aufgenommen und sie auf das aus dem Molybdän entstehende Element 43 (Masurium) ausgedehnt.

Durch eine merkwürdige Anhäufung schwer miteinander in Übereinstimmung zu bringender Beobachtungen stellten sich die Untersuchungen als sehr verwickelt heraus. Es ist aber jetzt gelungen, sie in zufriedenstellender Weise aufzuklären. Sie sollen an anderer Stelle (Z. Physik) eingehender besprochen und mit Kurven belegt werden.

Folgendes sind die Ergebnisse:

1. Aus dem vor einiger Zeit von uns nachgewiesenen, bei der Uranspaltung entstehenden Molybdänisotop, dessen Halbwertszeit wir zu 18 Minuten gefunden hatten, haben wir ein aktives Umwandlungsprodukt, also ein Isotop des Elements 43, mit 14 Minuten Halbwertszeit abgeschieden.

2. Der Abfall des Molybdäns erfolgt aber geradlinig mit 18-Minuten-Halbwertszeit, unabhängig davon, ob das Element 43 anwesend ist oder vorher abgetrennt war und sich erst nachbildete.

3. Zur Erklärung dieses auffallenden Befundes vermuteten wir die Existenz eines weiteren Molybdänisotops kürzerer Halbwertszeit und fanden ein solches von 12 Minuten. Es sendet sehr durchdringende β-Strahlen aus.

4. Nach Abzug der Aktivität des 12-Minuten-Körpers von der Gesamtaktivität ergab sich die Kurve, die vorher schon von SAGANE und Mitarbeitern für das aus dem Molybdän selbst hergestellte aktive Molybdän erhalten worden war, und die mit einem 18-Minuten-Molybdän und einem daraus entstehenden 9-Minuten-Körper interpretiert werden konnte und interpretiert worden war.

5. Da wir für das Umwandlungsprodukt dieses Isotops aber immer 14 Minuten Halbwertszeit (statt 9 Minuten) fanden und ausschließen konnten, daß unser neues Molybdän

ein Umwandlungsprodukt nachweisbarer Halbwertszeit bildet, blieb hier eine Unstimmigkeit bestehen.

6. Das Rätsel wurde gelöst durch eine neue Arbeit der Herren MAURER und RAMM[8]) mit aktiviertem Molybdän aus dem Molybdän selbst, die nachweisen konnten, daß die Anstiegskurve für das sog. 18-Minuten-Moybdän so erklärt werden muß, daß ein 14-Minuten-Molybdän ein 14-Minuten-Element 43 (Masurium) nachbildet. Durch die Gleichheit der Halbwertszeiten der beiden Produkte ergibt sich auch für längere Beobachtungsdauern ein scheinbarer Abfall des Molybdäns von 18 Minuten und aus dem anfänglichen verzögerten Abfall des Molybdäns für das Folgeprodukt eine Halbwertszeit von 9 Minuten statt der wahren Halbwertszeit von 14 Minuten.

7. Nachdem diese Verhältnisse klargestellt waren, konnten wir mittels einer besonderen Meßweise die Halbwertszeiten für unsere beiden Molybdänisotope (14 Minuten und 12 Minuten) bestätigen.

8. Mit Einschluß des von uns schon früher bei der Uranspaltung gefundenen Molybdäns von 67 Stunden Halbwertszeit kennen wir also bisher bei der Uranspaltung folgende Isotope des Molybdäns und des daraus entstehenden Elements 43:

$$^{101}_{42}\mathrm{Mo} \xrightarrow[14\ \mathrm{Min.}]{\beta} {}^{101}43 \xrightarrow[14\ \mathrm{Min.}]{\beta} {}^{101}_{44}\mathrm{Ru}\ (\mathrm{stabil})$$

$$^{42}\mathrm{Mo} \xrightarrow[12\ \mathrm{Min.}]{\beta} 43 \xrightarrow[\mathrm{sehr\ kurz?}]{\beta} \mathrm{Ru?}$$

$$^{98}_{42}\mathrm{Mo} \xrightarrow[67\ \mathrm{Std.}]{\beta} {}^{99}43^{*} \xrightarrow[6{,}6\ \mathrm{Std.}]{\text{weiche } \beta\text{-Linie}} {}^{99}43\ (\mathrm{langlebig}).$$

Berlin-Dahlem, Kaiser Wilhelm-Institut für Chemie, den 30. Mai 1941. OTTO HAHN. FRITZ STRASSMANN.

[1]) O. HAHN u. F. STRASSMANN, Naturwiss. **27**, 451 (1939).
[2]) G. T. SEABORG u. E. SEGRÈ, Physic. Rev. **55**, 808 (1939).
[3]) O. HAHN u. F. STRASSMANN, Naturwiss. **28**, 543 (1940).
[4]) R. SAGANE, S. KOJIMA, C. MIYAMOTO, M. IKAWA, Physic. Rev. **54**, 543 (1938).
[5]) W. BOTHE u. W. GENTNER, Z. Physik **106**, 236 (1937).
[6]) W. BOTHE u. A. FLAMMERSFELD, Naturwiss. **29**, 194 (1941).
[7]) R. SAGANE u. Mitarbeiter, Physic. Rev. **57**, 750 (1940).
[8]) W. MAURER u. W. RAMM, vorstehende Mitteilung, Naturwiss. **29**, 368 (1941).

Über substratspezifische Dipeptidasen.

Auf Grund unserer Erfahrungen bei den Peptidasen anaerober Bakterien (Anaero-peptidasen), der dort aufgefundenen, durch Metall + Sulfhydryl hervorgerufenen mannigfaltigen Aktivierungserscheinungen, der reversiblen Hemmungserscheinungen und des nicht nur von Bakterienart zu Bakterienart, sondern auch von Stamm zu Stamm der gleichen Art wechselnden Wirkungsvermögens für Peptide, kamen wir zur Ansicht, daß die „Dipeptidase" und „Aminopolypeptidase" dieser Bakterien *nicht* einheitliche Enzyme sein können, sondern *je nach ihrer Herkunft wechselnd zusammengesetzte Gemische substratspezifischer* Di- und Polypeptidasen sind[1]). Für die Anaero-aminopolypeptidase konnten wir diese Auffassung *stichhaltig beweisen*, und zwar durch ihre *Zerlegung* in einen Leucyl-glycyl-glycin- (und auch noch Alanyl-glycyl-glycin-) spaltenden und einen nur noch Digiycyl-glycin-spaltenden (dipeptiatisch wie proteolytisch unwirksamen) Anteil[2]).

Auch unsere Beobachtungen über die *Peptidasen des Blutserums*, über die hier nachgewiesene verschiedenartige Aktivierung durch Metalle allein und die durch Komplexbildner bewirkten reversiblen Hemmungen, sowie das von Tierart zu Tierart, von Individuum zu Individuum wechselnde Wirkungsvermögen des Serums für Peptide und dessen Verhalten bei Fällungs- und Reinigungsmaßnahmen, weisen in die gleiche Richtung, d. h. sprechen gegen die Einheitlichkeit (und auch Identität) der Serum-di- und aminopolypeptidasen verschiedener Herkunft und für ihre komplexe Zusammensetzung aus art- und substratspezifischen Di- und Polypeptidasen[3]).

Es gelang uns nun auch, die „Dipeptidase", und zwar die vom aerob wachsenden B. pyocyaneus gebildete, auf einfachem Wege quantitativ in einen Leucyl-glycin- und einen Alanyl-glycin-spaltenden Anteil zu zerlegen und damit einen weiteren schlüssigen Beweis für unsere Auffassung zu erbringen. Als Ausgangsmaterial dienten dabei proteinasefreie[4]), peptidatisch wirksame Kulturflüssigkeiten, die durch 10- und mehrtägiges Wachstum des B. pyocyaneus (Stamm Nr. 8 unserer Sammlung) auf sog. Sauton-Nährlösung (einem „synthetischem" Nährsubstrat, das anorganische Salze, Asparagin und Glycerin enthält) gewonnen waren[5]). Solche keimfreien Kulturflüssigkeiten spalten von bekannteren Peptiden nur Leucylglycin, Alanylglycin, Leucylglycylglycin und Alanylglycylglycin nennenswert, ungefähr im Verhältnis von 12:3:24:1. Die peptidatische Wirksamkeit wird durch bestimmte *Metalle*, insbesondere von Magnesium, Mangan und Kobalt *sehr kräftig gesteigert*; auch Calcium und Eisen vermögen deutlich zu aktivieren. Komplexbildner, wie Blausäure, Cystein und Pyrophosphat, hemmen, bei $^{m}/_{100}$-Konzentration so gut wie vollständig. Die Hemmung ist *reversibel*. Das Wirkungsoptimum der Spaltung liegt um $p_H = 8{,}5$[6]). Durch Fraktionierung solcher Pyocyaneus-Kulturfiltrate mit Aceton (Alkohol zerstört die Alanylglycin-spaltende Dipeptidase fast ganz) gelingt es unschwer den bzw. die Träger des LG.- und LGG.-Spaltungsvermögens von den Trägern des AG.- und AGG.-Wirkungsvermögens quantitativ zu trennen, wie folgendes Beispiel belegt: 100 ccm einer 12tägigen Sauton-Kultur des B. pyocyaneus (Stamm Nr 8) vom *ph* = 8 wurden stark gekühlt und vorsichtig mit 50 ccm tiefgekühltem Aceton ($t = -8°$) so versetzt, daß dabei die Temperatur nicht 0° überstieg. Nach kurzer Zeit wurde ein sich ziemlich rasch abscheidender, mikrokristalliner Niederschlag abgetrennt und nach dem Waschen in Wasser suspendiert; er ist darin schwer löslich (Vol. 25 ccm; $p_H = 8{,}5$; Fraktion I in Tabelle).

Tabelle.

Versuchsbedingungen: 5 ccm Ansätze; $p_H = 8{,}5$, Dauer 20 Stunden, $t = 40°$, Toluol. Probe 2 ccm. Angewandte Kultur bei LG. 0,2, AG. 0,8, LGG. 0,1 und AGG. 2,0 ccm bzw. aliquote Teile der Fraktionen. Aktiviert wurde mit $^{m}/_{100}$ Mg oder $^{m}/_{1000}$ Mn und Co.

Präparat	Zusatz	Spaltung (ccm $^{n}/_{10}$ KOH)			
		LG.	AG.	LGG.	AGG.
Kultur . . .	—	0,07	0,50	0,04	0,25
	Mg	1,31	0,50	1,05	0,28
	Mn	**1,36**	0,79	**1,22**	0,47
	Co	0,19	**1,75**	0,13	0,70
Fraktion I . .	—	0,01	0,00	0,02	0,00
	Mg	0,03	0,02	0,01	0,02
	Mn	0,04	0,02	0,01	0,03
	Co	0,00	0,04	0,05	0,03
Fraktion II .	—	0,04	0,05	0,03	0,04
	Mg	1,07	0,04	0,87	0,05
	Mn	**1,15**	0,42	**1,02**	0,51
	Co	0,10	0,25	0,07	0,10
Fraktion III .	—	0,01	0,12	0,01	0,06
	Mg	0,00	0,12	0,02	0,06
	Mn	0,04	0,26	0,01	0,07
	Co	0,00	**1,49**	0,03	0,40

Die Mutterlauge versetzte man in der Kälte mit weiteren 50 ccm Aceton. Der daraufhin ausfallende, feinflockige Niederschlag löste sich nach dem Waschen nicht vollständig in Wasser, so daß die Lösung, auf $p_H = 8{,}5$ eingestellt, auf der Zentrifuge geklärt werden mußte (Vol. 25 ccm; Frak-

[1]) E. MASCHMANN, Naturwiss. **26**, 791 (1938); **27**, 276 (1939) — Biochem. Z. **302**, 332 (1939).
[2]) E. MASCHMANN, Naturwiss. **27**, 819 (1939) — Biochem. Z. **307**, 1 (1940).
[3]) E. MASCHMANN, Naturwiss. **28**, 765, 780 (1940) — Biochem. Z. (im Druck).
[4]) Über die Pyocyaneusproteinase siehe E. MASCHMANN, Biochem. Z. **294**, 1 (1937); **295**, 402 (1938).
[5]) Wir verdanken diese Kulturen Herrn Prof. B. ALBRECHT vom Staatsinstitut für experimentelle Therapie in Frankfurt a. M.
[6]) G. GORBACH, Arch. Mikrobiol. 1, 565 (1930), fand ein p_H-Optimum bei 8,4.

tion II). Zur 50% Aceton enthaltenden Mutterlauge gab man nun 200 ccm Aceton, worauf nach kurzer Zeit ein geringer Niederschlag ausfiel, der sich mit alkalischer Reaktion klar in Wasser löste (Vol. 25 ccm; $p_H = 8{,}5$; Fraktion III).

Im einzelnen werden wir auf die Angaben in der Tabelle demnächst in einer ausführlicheren Mitteilung über die Pyocyaneuspeptidasen in der Biochem. Z. zurückkommen.

Frankfurt a. M., Biochemische Abteilung des Forschungsinstitutes für Chemotherapie, den 30. Mai 1941.

ERNST MASCHMANN.

Über Halleffektsmessungen am Selen.

Beim Selen konnte auf den Leitungsmechanismus bisher nur auf Grund seiner Eigenschaften als Gleichrichter geschlossen werden. Da beim Selengleichrichter die Flußrichtung dieselbe ist wie beim Cu_2O-Gleichrichter, war anzunehmen, daß es sich auch beim Selen um einen Defekthalbleiter handelt. Im Schrifttum sind unseres Wissens bisher keine quantitativen[1]) Ergebnisse mitgeteilt, die unmittelbar den Defekthalbleitungscharakter im Selen bestätigen und Angaben über die Beweglichkeit der Defektelektronen machen.

Nach vielen erfolglosen Vorversuchen an Proben eigener Herstellung ist es nunmehr an einer, uns von Prof. SCHOTTKY und Dr. WAIBEL zur Verfügung gestellten Selenprobe besonders hoher Leitfähigkeit gelungen, einen anomalen (positiven) Halleffekt einwandfrei nachzuweisen. Erst bei Verwendung „sperrfreier" Nickelelektroden lag die Hallspannung über der Spannungsempfindlichkeit unserer Meßanordnung.

Die gemessene Hallkonstante betrug bei einer Leitfähigkeit der Probe von etwa $5 \cdot 10^{-3}\ \mathrm{Ohm^{-1}\,cm^{-1}}$ im Mittel 200 ccm/Amp. sec. Dies entspricht einer Beweglichkeit (Hallkonstante · Leitfähigkeit) der Defektelektronen im Selen von etwa $1\ \frac{\mathrm{cm/sec}}{\mathrm{V/cm}}$.

Prag, Physikalisches Institut der Deutschen Karls-Universität, den 30. Mai 1941. F. ECKART. A. KITTEL.

[1]) Für Defekthalbleitung sprach überdies das Vorzeichen der Thermospannung: Frl. A. SCHMIDT, Z. Physik (im Erscheinen).

Besprechungen.

BRINKMANN, ROLAND, **Emanuel Kaysers Abriß der Geologie.** 1. Band, Allgemeine Geologie. 6., gänzlich neu bearbeitete Auflage. Stuttgart: Ferd. Enke 1940. 282 S. und 197 Abbild. Preis: geb. RM 18.60.

Sowohl EMANUEL KAYSERS „Lehrbuch der Geologie" wie dessen verkleinerte Ausgabe, der „Abriß der Geologie", sind längere Zeit vergriffen gewesen, und Ersatz wurde dringend nötig. Dieser ist wenigstens in bezug auf den „Abriß der Geologie" — wenn auch zunächst nur für dessen ersten Teil, der die Allgemeine Geologie behandelt — geschaffen worden, und zwar durch ROLAND BRINKMANN. Wenn dieser Ersatz aber als *„sechste gänzlich neu bearbeitete Auflage* von EMANUEL KAYSERS *Abriß der Geologie*" bezeichnet wird, so ist das in der Hauptsache ein Akt der Pietät seitens des Verfassers und auch des Verlegers gegenüber dem Manne, der mit seinem Lehrbuch der Lehrer ganzer Generationen von Studierenden der Geologie und der Nachbarwissenschaften gewesen war. Denn außer dem Titel ist von dem KAYSERschen Abriß kaum etwas geblieben, mag auch hier und da einmal eine alte bewährte Abbildung wieder auftauchen. Vielmehr hat BRINKMANN in altem äußerlichem Gewande ein gänzlich neues Lehrbuch geschaffen. Und das ist kein Nachteil; denn wenn EMANUEL KAYSER sich gewiß auch bemüht hat, mit jeder neuen Auflage den inzwischen erfolgten Fortschritten der Wissenschaft gerecht zu werden, — im Hinblick auf die enorme Entwicklung speziell der Allgemeinen Geologie war doch wohl der Augenblick gekommen, wo statt Anpassung eine Neuschaffung am Platze war. So ist schon von der allgemeinen Stoffanordnung nicht viel geblieben.

Während der KAYSERsche Abriß die Allgemeine und die Historische Geologie in einem Bande behandelte, erscheinen die beiden Abteilungen nunmehr getrennt in Sonderbänden. Dabei hat glücklicherweise der zunächst vorliegende erste Teil an Seitenzahl kaum gewonnen. Das ist möglich gewesen, weil die Darstellung straff gehalten ist und sonst langatmige Auseinandersetzungen immer wieder durch sehr geschickte bildliche Darstellungen ersetzt sind.

Nach einigen Darlegungen über die Geschichte und den Begriff der Geologie gliedert sich das Buch in die *exogene* und die *endogene Dynamik*. In der *exogenen Dynamik* werden zunächst die geologischen Vorgänge im Festlandsbereich behandelt, wobei die klimatologischen und paläoklimatologischen Verhältnisse in erfreulicher Weise ihre Würdigung gefunden haben. Es folgt das Meer mit allgemeineren Darlegungen über Gestalt, Verfrachtung und Sedimentation und anschließend eine Schilderung der einzelnen Meeresregionen (Küstenregion, Flachseeregion und pelagische Region). Die Diagenese und die Einteilung der einzelnen Sedimentgesteine schließen den ersten Hauptteil ab.

Finden wir in dem ersten Teil kaum noch KAYSERsche Relikte, so trifft das noch viel weniger für den zweiten Teil, die *endogene Tektonik*, zu. Begriffe, die bei KAYSER zum Teil nur schüchtern angedeutet wurden, sind entsprechend der modernen Entwicklung der Tektonik und Magmatotektonik mit Recht in den Mittelpunkt der Darlegungen gerückt worden. Und überhaupt wird eine vorzügliche knappe Zusammenfassung von Tektonik und Magmatismus gebracht, wie sie nur jemand geben konnte, der an der Entwicklung dieser Dinge langjährigen persönlichen Anteil gehabt hat.

Nicht nur die Geologen, sondern auch die Vertreter der Nachbarwissenschaften werden sich glücklich schätzen, daß den Studierenden jetzt wieder ein von hoher Warte geschriebener „Abriß der Geologie" in die Hand gegeben werden kann. Er wird das alte Ansehen erneuern, das der „große" und der „kleine Kayser" stets gefunden hatten. HANS STILLE, Berlin.

DOTTERWEICH, H., **Das Biologische Gleichgewicht und seine Bedeutung für die Hauptprobleme der Biologie.** VII, 236 S. (mit 34 Abb.), 16 cm × 24 cm. Jena: Gustav Fischer 1940. Preis geb. RM 11.50, brosch. RM 10.—.

Wo immer zwei oder mehr Faktoren, die auf biologisches Geschehen Einfluß haben, voneinander und von der Zeit abhängen, ergeben sich „biologische Gleichgewichte", deren Zahl und Art (stabil usw.) man auf mathematischem Wege leicht und elegant ermitteln kann. Von diesen grundsätzlichen Überlegungen findet man in diesem Buche nichts, was allein schon das Fehlen des Namens LOTKA erweist. Ziel des Verf. ist, „den universalen Charakter des Gleichgewichtsprinzips nachzuweisen und damit ein fundamentales biologisches Prinzip von größter Tragweite allgemeingültig zu formulieren". (Über die Berechtigung des Wortes „Prinzip" soll hier nicht gerechtet werden.) Es werde, so heißt es im Vorwort, der Nachweis geführt, daß dieses Prinzip ebenso grundlegend wie allgemein sei, daß es überall im lebendigen Geschehen zum Ausdruck komme. „Die Allgemeinheit des behandelten Gegen-

standes wie auch das zu erwartende allgemeine Interesse an ihm ließen . . eine allgemeinverständliche Darstellung gerechtfertigt erscheinen" — was, wie man hinzufügen darf, die große Breite der Ausführungen dieses Buches bedingt, das „zugleich die ersten Grundzüge einer neuen biologischen Forschungsrichtung erkennen lassen soll".

Die einleitenden Kapitel, vor allem die Ausführungen über das System, die allgemeinen Eigenschaften und die Gesetzlichkeiten der biologischen Gleichgewichte, nehmen über die Hälfte des Inhalts ein, bringen recht vielerlei, das grundsätzlich Wichtige aber vermißt Ref. zumeist. Die größte Tiefe der Betrachtung wird wohl dort erreicht, wo Verf. die Ansichten V. BERTALANFFYS referierend wiedergibt. Die andere Hälfte des Buches bringt ausführliche Beispiele für biologische Gleichgewichtsprozesse, unterteilt in schnell verlaufende (physiologische und ökologische) und langsam verlaufende, an deren Zustandekommen dann stets die Mutabilität beteiligt ist. Verschiedene Beispiele entstammen eigenen Forschungen des Verf., so z. B. das Kalkgleichgewicht beim Regenwurm oder die chemisch beeinflußte Mutabilität, und sind dann auch gut und anschaulich dargestellt. Aus der Physiologie werden u. a. z. B. in eigenen Abschnitten behandelt: „Reizschwelle", „Reizgewöhnung", „Adaptation" usw., Gebiete, die man zunächst kaum vermuten würde. Der erfahrene Leser wird aber vieles Wichtige vermissen. Bei der „Zelle" fehlen z. B. die umfangreichen und grundsätzlich wichtigen Überlegungen RASHEVSKYS, bei der Ökologie die Theorien VOLTERRAS und LOTKAS einschließlich der zugehörigen Experimental- und Freilandbefunde (GAUSE u. v. a.), im Evolutionskapitel die Namen WRIGHT, FISHER, HALDANE usw., die aus der heutigen, zu großem Teile auf Gleichgewichtsbetrachtung hinauslaufenden Evolutionsforschung schlechthin nicht wegzudenken sind. Indessen scheint Verf. all dies bewußt ausgelassen zu haben, wohl mit Rücksicht auf den gedachten Leserkreis, was Ref. aber bedauert. Denn gerade diese fehlenden Beispiele könnten vortrefflich zeigen, wie fest verwurzelt der Gleichgewichtsgedanke schon heute in vielen biologischen Teilgebieten ist, wie er das Verständnis sehr verwickelter Zusammenhänge erleichtert und die Experimentalforschung anregt. Auch SIR RONALD ROSS' Betrachtungen (1908) über das Gleichgewicht Malariaerreger-Mücke-Mensch hätten in diesem Sinne und aus historischen Gründen wohl verdient, angeführt zu werden. Daß eine solche Darstellung auch ohne viel oder ganz ohne Formeln möglich ist, zeigt GAUSES „Struggle for existence".

Was Verf. bietet, ist eben etwas anderes. Flüssig und allgemeinverständlich geschrieben, bildet es für den Biologen eine leichte Lektüre und regt ihn an, vieles und Bekanntes unter neuem Gesichtswinkel zu betrachten. Mag dies bisweilen nicht ohne leichten Zwang abgehen, manchmal vielleicht sogar zu Widerspruch reizen — der Wert liegt in den Anregungen, die das Buch gibt. Beispiele finden sich genug und Schrifttumsverweise für den, der in diese oder jene Frage näher eindringen will, desgleichen.

WILHELM LUDWIG, Halle.

Arbeitstagung des Kaiser Wilhelm-Instituts für Metallforschung in Stuttgart.

Am 25. und 26. März 1941 veranstaltete das Kaiser Wilhelm-Institut für Metallforschung in Stuttgart eine Arbeitstagung, auf der in einer Reihe von Vorträgen ein Rechenschaftsbericht über die im vergangenen Jahr ausgeführten Arbeiten gegeben wurde. Hierbei umfaßten die Hauptthemen sowohl Arbeitsgebiete aus der Grundlagenforschung der physikalischen Chemie der Metalle als auch solche der metallkundlichen Zweckforschung. Dementsprechend hatten sich Vertreter der Wissenschaft und Industrie eingefunden, die ihrem Interesse an den behandelten Themen durch zahlreiche fördernde Diskussionsbemerkungen Ausdruck gaben. Die Zahl der Teilnehmer war mit rund 400 etwa doppelt so groß als auf den früheren Arbeitstagungen des Instituts. Wie Prof. Dr. W. KÖSTER, der die Gäste willkommen hieß, ausführte, erreichte die Zahl der Veröffentlichungen des Instituts im Jahr 1940 mit 52 die bisherige Höchstzahl. Dieses Ergebnis ist besonders erfreulich, wenn man berücksichtigt, daß die Arbeitskraft der Mitarbeiter des Instituts vorwiegend durch wehrwirtschaftliche Fragen in Anspruch genommen war.

Der Inhalt der Vorträge im einzelnen sei im folgenden kurz wiedergegeben.

Über Ergebnisse zur *Thermochemie der Legierungen* sprachen G. GRUBE, FR. WEIBKE, A. SCHNEIDER und O. KUBASCHEWSKI. G. GRUBE berichtete über die Messung von Reduktionsgleichgewichten im System Chrom-Nickel. Solche Messungen eignen sich zur Bestimmung der Affinitäten und Bildungswärmen bei der Legierungsbildung in Systemen mit Komponenten verschiedener Edelkeit. Hierzu bestimmt man einmal den Dampfdruck des Sauerstoffs über dem reinen Oxyd des schwer reduzierbaren Partners und andererseits über verschiedenen Gemischen dieses Oxyds mit dem edleren Metall. Da die unmittelbare experimentelle Messung der Sauerstoffdrucke wegen deren Kleinheit ($\sim 10^{-21}$ at) nicht möglich ist, wählte man den Umweg über das Wasserdampfgleichgewicht, indem man das Gleichgewicht der Reaktion $2\,Cr + 3\,H_2O \rightleftharpoons Cr_2O_3 + 3\,H_2$ bestimmte. Der Sauerstoffdruck ist dann gegeben durch den im Dissoziationsgleichgewicht des Wasserdampfes bei der Meßtemperatur vorliegenden Partialdruck des Sauerstoffs. Die energetische Auswertung der Versuchsdaten ergibt für die Affinität der Legierungsbildung einen Maximalwert von 2,5 kcal/g-Atom an der Grenze des heterogenen Gebietes auf der Chromseite; die Berechnung der Bildungswärmen nach NERNST führt etwa zu dem doppelten Betrage. Ferner wird durch die Bestimmung des Reduktionsgleichgewichtes von Cr_2O_3 gezeigt, daß bei den gemessenen Sauerstoffdrucken das Cr_2O_3 unmittelbar in reines Chrom übergeht.

FR. WEIBKE berichtete über Messungen von elektromotorischen Kräften von Kupfer-Platinlegierungen gegenüber Kupfer als Bezugselektrode bei Temperaturen bis 650° mit einem eutektischen Salzgemisch LiCl-KCl, dem geringe Mengen CuCl zugesetzt waren, als Elektrolyt. Die thermodynamische Auswertung der Messungen ergab für die Änderung der freien Energie bei der Legierungsbildung ein Maximum bei etwa 55—60 At.-% Cu mit einem Wert von z. B. 3,4 kcal/g-Atom Legierung bei 650°. Die integralen Bildungswärmen erreichen Höchstwerte von 1,5—1,6 kcal/g-Atom bei 50 und von 1,4 kcal/g-Atom bei etwa 80 At.-% Cu (600°). Die Umwandlungswärmen für die geordneten Phasen CuPt und Cu_3Pt lassen sich aus dem Unterschied der Bildungswärmen bei 550 und 800° (interpoliert) zu 0,8 bzw. 0,5 kcal/g-Atom ableiten.

A. SCHNEIDER behandelte die Bestimmung der Dampfdrucke von Magnesium über Al-Mg-Legierungen mit Hilfe der Mitführungsmethode (600—850°) sowie

des Zinks über Al-Zn-Legierungen (500—750°) mit einem nach dem Prinzip der Taupunktsmethode arbeitenden Verfahren. Die Messungen, die sich über den ganzen Konzentrationsbereich der beiden Systeme erstreckten, werden vor allem im Hinblick auf den Verlauf der Aktivitätskurven ausgewertet, wobei die Kurven für die Al-Zn-Legierungen oberhalb, für die Al-Mg-Legierungen unterhalb der für ideale konzentrierte Mischungen geltenden RAOULTschen Geraden verlaufen. Außerdem werden die Meßwerte zur Bestimmung der Änderung der freien Energie und der integralen molaren Mischungswärme herangezogen. Der Zusammenhang zwischen dem Verlauf der Aktivitätskurven und dem der Liquiduslinie sowie der Einfluß der Verbindungsbildung im festen Zustand auf den Verlauf der Aktivitätskurven werden besprochen.

Eine Reihe von Bildungswärmen und Schmelzwärmen von Legierungen wurden von O. KUBASCHEWSKI auf direktem calorimetrischem Wege bestimmt. Dabei führten die Ergebnisse über die Schmelzwärmen zu dem Schluß, daß man in der Entropieänderung von Legierungen beim Schmelzen (Quotient: Schmelzwärme/abs. Schmelztemperatur) ein annäherndes Maß für deren Ordnungszustand hat. — Bei der systematischen Auswertung der Bildungswärmen von Legierungen, wobei auch die Ergebnisse anderer Autoren berücksichtigt wurden, ergab sich folgendes: Für Legierungen vom gleichen Strukturtyp besteht eine einfache Beziehung zwischen der Raumschwindung (bzw. Raummehrung) und der Wärmetönung bei der Legierungsbildung. Die erhaltenen Kurven zeigen auch eine systematische Abhängigkeit von der Koordinationszahl, und zwar ist bei gleicher Raumschwindung die Bildungswärme um so kleiner, je höher die Koordinationszahl ist.

A. SCHNEIDER berichtete über Messungen, die zur Bestimmung der Gleichgewichtsverhältnisse bei der thermischen Reduktion von Magnesiumoxyd mit Silizium (1200—1350°) dienen. Danach verläuft die Reduktion des MgO nach der Formel $4\,MgO + Si \rightleftharpoons 2\,Mg + Mg_2SiO_4$ (1). Das Ergebnis wurde thermochemisch und röntgenographisch sichergestellt. Es wurde ferner gebrannter Dolomit ($CaO \cdot MgO$) mit Silizium reduziert; die Reaktion verläuft nach $2\,(CaO \cdot MgO) + Si \rightleftharpoons 2\,Mg + Ca_2SiO_4$ (2). Die Gleichgewichtsdampfdrucke liegen dabei wesentlich höher als bei der Reduktion von reinem MgO. Außerdem bietet die Reduktion des Dolomits den Vorteil, daß sämtliches in die Reaktionen eingebrachtes MgO zu metallischem Mg reduziert wird, während nach (1) die Hälfte des MgO zur Bildung von Mg_2SiO_4 verbraucht wird. Die Deutung für die Wirkung des CaO-Zusatzes wird in der gegenüber MgO stärkeren Affinität des CaO zu dem primär gebildeten SiO_2 gesehen, das sekundär mit Erdalkalioxyd zu Orthosilicat reagiert. Als Beleg für die Haltbarkeit dieser Deutung werden vorläufige Ergebnisse mitgeteilt, die bei der Reduktion von MgO bei Anwesenheit von BaO gefunden wurden.

Neuere Ergebnisse über die *Technologie der Zinklegierungen* wurden in 3 Vorträgen von W. KÖSTER, E. GEBHARDT und J. SCHRAMM behandelt. W. KÖSTER gibt eine eingehende Übersicht über die sehr verwickelten Gleichgewichtsverhältnisse in dem ternären System Zink-Kupfer-Aluminium. Die bisherigen Angaben über das Zustandsdiagramm waren nicht richtig; die genaue Konstitutionsermittlung erfolgte auf Grund von thermischen, röntgenographischen und mikroskopischen Untersuchungen. Ein charakteristisches Merkmal des Systems ist die starke Temperaturabhängigkeit der Gleichgewichte. Aus diesem Grunde ist es schwierig, Gleichgewichtszustände bei tiefen Temperaturen zu erreichen.

Auf Grund der Kenntnis der Konstitution des Dreistoffsystems entwickelte E. GEBHARDT ein Verfahren, um die Maßbeständigkeit der Kupfer und Aluminium enthaltenden Zinklegierungen sicherzustellen. Die Volumenänderung der Legierungen beim Lagern bei Raumtemperatur war bisher immer ein großer Nachteil für ihre technische Verwendbarkeit. Nach den Versuchen von GEBHARDT können die Maßänderungen völlig aufgehoben werden, wenn man die Legierungen bei 240—260° anläßt und sie anschließend einer zweiten Glühung zwischen 100 und 150° unterwirft. Nach diesen Wärmebehandlungen können nur noch Volumenänderungen von höchstens 0,05% beobachtet werden. Bei verformten Werkstoffen können die Glühzeiten erheblich verkürzt werden. Der Einfluß der Wärmebehandlung auf die technologischen Eigenschaften wird an einer Legierung mit 4% Cu und 7% Al geprüft. Die Schlagbiegefestigkeit z. B. kann danach durch die vorgeschlagene Behandlung bei Preßwerkstoff um nahezu 100% gesteigert werden, während der Anstieg bei einer Gußlegierung nur ganz gering ist.

J. SCHRAMM berichtete über den Aufbau von Teilsystemen des Zinks mit Mangan, Cer, Lanthan, Titan und Zirkon. Die Zustandsdiagramme wurden hauptsächlich mit Hilfe von thermischen Analysen, Gefügeuntersuchungen und röntgenographischen Verfahren aufgestellt. Sämtliche Systeme zeichnen sich durch das Auftreten zahlreicher Verbindungen aus. Bei Ce-Zn und La-Zn haben die Zusammensetzungen $CeZn_9$ und $LaZn_9$ die höchsten Schmelzpunkte. Im zinkreichen Gebiet erstarren die Legierungen des Cers peritektisch, diejenigen von Lanthan, Titan und Zirkon eutektisch. Die Löslichkeit im festen Zn ist bei Mn am größten (~0,5%). Eine gewisse Löslichkeit ist noch bei Ce zu beobachten, während La, Ti und Zr praktisch unlöslich sind.

Zur Frage der *plastischen Verformung von metallischen Werkstoffen* sprachen R. GLOCKER, U. DEHLINGER und F. FÖRSTER. Der Vortrag von R. GLOCKER beschäftigte sich mit dem röntgenographischen Nachweis der Zerrüttung bei einer Wechselbeanspruchung. Bei dem früher benutzten Verfahren bestand der Nachteil, daß für die Bestimmung der positiven und negativen Amplitude 2 Röntgenaufnahmen notwendig sind, die zeitlich auseinanderliegen und möglicherweise nicht mehr genau demselben Spannungszustand entsprechen. Von diesem Fehler frei ist eine neu entwickelte Aufnahmekammer, bei der der Film hinter einer sektorförmigen Blende synchron mit dem Antrieb der Prüfmaschine rotiert. Durch einen in den Strahlengang eingebauten gleichzeitig angetriebenen Schieber wird während jeder zweiten Periode der Zutritt der Röntgenstrahlung abgesperrt. Auf einem kreisförmigem Film werden durch Ausmessung der Linienverschiebungen, die auf ein und demselben Durchmesser liegen, die sämtlichen Momentanwerte der Spannung während einer Periode ermittelt. Die Ergebnisse der Durchführung solcher Versuche an Kohlenstoffstählen werden beschrieben.

Die Ausbildung der Eigenspannungen bei der Biegung von Ein- und Vielkristallstäben wurde von U. DEHLINGER besprochen. Bei der Biegung von Einkristallen aus Zn und Al tritt ein deutlicher Knick in der Beanspruchungs-Biegekurve auf. Eine quantitative Theorie zeigt, daß die äußeren Fasern schon vor dem Knick bei Erreichen ihrer kritischen Schubspannung plastisch zu fließen beginnen; eine absolute Stützwirkung der weniger beanspruchten Fasern ist also nicht vorhanden. Der Knick tritt dann ein, wenn

das Biegemoment groß genug geworden ist, daß der ganze Querschnitt plastisch fließen kann. Danach herrscht kurz vor dem Knick in den äußeren Fasern die kritische Schubspannung, in den inneren die Spannungsverteilung der elastischen Biegung. Bei polykristallinen Werkstoffen sind dieselben Verhältnisse zu erwarten, wenn statt der kritischen Schubspannung die Streckgrenze eingesetzt wird, was durch die Messung bestätigt wird. Die nach Entlasten in allen Fällen auftretenden Eigenspannungen werden beschrieben; sie können zahlenmäßig berechnet werden.

F. FÖRSTER berichtete über Versuche zum magnetischen Nachweis des Beginns der Verformung und des Aufbaues der inneren Spannungen beim Ziehen und Recken. Zur Untersuchung wurde ein Meßgerät verwendet (Ferrograph), das es gestattet, kleinste Änderungen der magnetischen Größen eines Werkstofffes, die durch äußere Eingriffe oder innere Vorgänge bewirkt werden, nachzuweisen und zu verfolgen. Untersucht wird die Entwicklung von inneren Spannungen in Nickeldraht bei verschiedener Wärmebehandlung und nach wachsender Reckspannung sowie die Spannungsverteilung von düsengezogenem Nickeldraht.

Zu dem Hauptthema *Strukturforschung, magnetische Werkstoffe* sprach zunächst L. GRAF. An Hand von Lichtbildern von unbearbeiteten und ungeätzten Oberflächen von Metallen, die unter geeigneten Abkühlungsbedingungen erstarrt sind, wird der mikroskopische Nachweis der Mosaikstruktur der Metallkristalle erbracht und auf ihre Bedeutung für die Verformung und die Ausscheidung hingewiesen.

H. NOWOTNY berichtete über Strukturen von Metalloidlegierungen der Schwermetalle und gab eine Übersicht über die Bauprinzipien bei den Zweistoffsystemen von Chrom, Mangan, Eisen, Kobalt, Nickel und Kupfer. Die Metallatome bilden stets ein Trägergitter, das durch die Einlagerung von Metalloidatomen eine Aufweitung erfährt. Diese Vergrößerung der Metallabstände bewirkt das Auftreten eines positiven Austauschintegrals, wodurch die an und für sich nichtferromagnetischen Metalle Chrom und Mangan in den Legierungen mit den Elementen der Stickstoffreihe teilweise ferromagnetisch werden.

S. SCHWEIZERHOF behandelte die Entwicklung eines magnetischen Werkstoffes, der aus 2 geeigneten Legierungen verschiedener Ausdehnungskoeffizienten schichtweise zusammenplattiert ist. Beim Abkühlen von einer genügend hohen Temperatur setzen sich die Einzelschichten dieses Mehrfachwerkstoffes gegenseitig unter homogene Spannungen, die dann eine Geradrichtung der Magnetisierungskurve zur Folge haben, wenn die Magnetostriktion der beiden Plattierungspartner das richtige Vorzeichen zur Abkühlungsspannung hat. Auf diese Weise läßt sich der Einfluß homogener Spannungen auf die Magnetisierungskurve magnetostriktiver Legierungen für die Werkstoffforderungen der Fernmeldetechnik praktisch verwerten. Für die magnetischen Plattierungskomponenten erweisen sich die Legierungen der Fe-Ni-Reihe als besonders geeignet.

Schmelzen und Gießen: E. SCHEIL berechnete die Lunkerformen[1]) einiger einfacher Formen, von Kegel und Kugel, ferner von Zylinder und Kegelstümpfen. Der Einfluß eines konischen Kopfes auf einen zylindrischen Block und der Blockkopfbeheizung wurde untersucht. Ferner wurden rechnerische Unterlagen zur Feststellung der Abmessungen der Steiger von Gußstücken gegeben. — Um die rechnerische Behandlung des Problems der Lunkerbildung überhaupt vornehmen zu können, mußten einige vereinfachende Annahmen gemacht werden; besonders bleibt bei der rechnerischen Erfassung die Unvollkommenheit des Nachfließens unberücksichtigt.

Für den Praktiker von besonderem Interesse waren die letzten Vorträge der Tagung von W. KÖSTER und F. FÖRSTER. Über den Füllvorgang beim Spritzgußverfahren bestehen noch verschiedene Ansichten. Zur Klärung dieser Frage wurde von W. KÖSTER ein Film vorgeführt, der diesen Vorgang sichtbar macht. Mit einer Kolbenspritzgußmaschine wurde WOODSches Metall in eine aus Glasplatten bestehende Form gespritzt und der Vorgang mit einem A.E.G.-Zeitdehner aufgenommen. Der Film zeigte die Füllung einer Rechteckplatte bei verschiedenem Anschnitt, einer rechtwinkligen und einer abgerundeten U-Form sowie eines Zerreißstabes. Die Aufnahmen bestätigen in eindrucksvoller Weise die Ansichten von FROMMER über den Füllvorgang beim Spritzguß.

Eine Reihe von neugeschaffenen Geräten zur *zerstörungsfreien Werkstoffprüfung* wurde in 2 Experimentalvorträgen von F. FÖRSTER vorgeführt. Die Geräte zur zerstörungsfreien Untersuchung von Stahl gestatten: 1. den Nachweis von Rissen in Eisenproben, 2. die Messung der Einsatztiefe von gekohltem und nitriertem Stahl und 3. die unmittelbare Anzeige von Restmagnetismus in Werkstücken. Ein weiteres Gerät dient zur Prüfung der Verwechslung von Stahlproben (Legierungsart und -zustand). — Ferner wird an einem Gerät zur Untersuchung von Metallhalbzeug und Fertigteilen vorgeführt: die Prüfung der Zusammensetzung, der mechanischen und thermischen Behandlung und der Gleichmäßigkeit, die Prüfung auf Fehlstellen sowie die Prüfung auf Gleichmäßigkeit der Abmessungen. Die Diskussion war bei diesen beiden Vorträgen besonders lebhaft.

O. KUBASCHEWSKI, Stuttgart.

[1]) Als „Lunker" werden Hohlräume in Gußstücken bezeichnet, die dadurch entstehen, daß die zuerst erstarrenden äußeren Schichten dem Schwinden der zuletzt erstarrenden inneren Schichten nicht mehr folgen können. *Die Redaktion.*

Gesellschaft für Erdkunde zu Berlin.

Am 18. März 1940 sprach Herr H. VON WISSMANN, Tübingen, über **Reisen in Hadramaut,** die er im Anschluß an zwei frühere erfolgreiche Reisen im Hedschas und Yemen im Frühsommer 1939 durchgeführt hat. Die Reise ging von Aden an der Küste entlang nach Shuqra, dann ins Innere hinein zum Tal von Hadramaut, das mitsamt seinen Nebentälern eingehend untersucht wurde; dann südwärts wieder zur Küste, an dieser entlang nach Makalla und zu Schiff zurück nach Aden. Von hier wurden noch Fahrten im Hinterland von Aden und im Yemen unternommen.

Das Reisen in dem von wütenden Blutrachefehden erfüllten Hadramaut, das seit 1893 kein europäischer Forscher mehr betreten hatte, war nicht leicht. Es war überhaupt nur möglich, weil zahlreiche Bewohner dieses Landes für einige Zeit nach Niederländisch-Indien auszuwandern pflegen und oft begütert wieder zurückkehren. Dadurch ist der Fremdenhaß gebrochen, und die Forscher fanden vielfach eine überaus freundliche Aufnahme.

Zwischen der Küste und dem Tal von Hadramaut liegt ein Tafelland: eine ungeschichtete eozäne Kalk-

masse, die auch den als Schichtstufe anzusehenden Steilrand gegen das Küstenvorland krönt. Die Kalktafel senkt sich zum Innern. Das Tal von Hadramaut mit seinen Nebentälern ist in sie eingelassen; ob hier ein Bruch vorhanden ist, wissen wir noch nicht. Im Haupttal liegt der Grundwasserspiegel nahe dem Talboden und hat die Anlage der großen Datteloasen ermöglicht, welche die Kulturzentren des Landes bilden.

Am Abbruch der arabischen Tafel zum Aden-Golf wurde ein Einfallen der Verwerfungen nach Norden, also vom Graben weg, beobachtet, im Gegensatz zum Golf von Suez und zu den afrikanischen Gräben, deren Randverwerfungen zum Graben hin einfallen. Die Aufkippung des Randes am Aden-Golf hat bewirkt, daß sich das untere Hadramaut epigenetisch neu einschnitt; heute fließt selbst bei Hochwasser kein Fluß mehr in das Wadi Hadramaut hinein.

Die rassisch sehr stark gemischten Bewohner des Landes — es wurden bemerkenswert viel indische Kennzeichen festgestellt — und ihre Lebensverhältnisse wurden an Hand von Lichtbildern anschaulich beschrieben.

Herr W. CREDNER, München, schilderte am 6. April 1940 **Wirtschaftsgeographische Eindrücke einer Weltreise 1938/39.** Der Vortr. war im Sommer 1938 als KARL SCHURZ-Austauschprofessor in Amerika eingetroffen und hat im Anschluß an seine akademische Tätigkeit die Vereinigten Staaten und Westindien eingehend bereist. Im August 1939 brach er dann von Kalifornien über den Pazifik nach Yokohama auf und kehrte von Japan durch Korea, die Mandschurei und die Sowjetunion in die Heimat zurück.

Das Studium des Vortr. auf diesen Reisen galt in erster Linie der Agrarwirtschaft. Die ganze Weite des *nordamerikanischen* Kontinents ist von einer Agrarlandschaft überzogen, die in einem ursprünglichen Waldland erst durch die Besiedlung geschaffen worden ist. Diese Kulturlandschaft hat ihren eigenen Stil: Einzelsiedlungen auf staatlich zugemessenen Betriebseinheiten. Nicht das Dorf ist der wirtschaftliche und soziale Mittelpunkt, sondern der Markt, die „town". Aber so stark auch der Individualismus zu herrschen scheint, so ist der Farmer doch an die großen Landbauzonen gebunden. Innerhalb dieser Zonen ist als Ergebnis eines Vorgangs, den der Vortr. als regionale Anpassung bezeichnete, eine große Einheitlichkeit festzustellen, der freilich auch wieder eine regionale Spezialisierung gegenübersteht. Die Nachbarschaft besonderer Märkte (z. B. Großstädte), das Vorhandensein ärmerer Böden mit extensiver Schafweidewirtschaft inmitten reicherer Zonen u. ä. spielen dabei eine maßgebende Rolle.

Bemerkenswert sind durch die Absatzverhältnisse bedingte Wandlungen der angebauten Gewächse. Ein charakteristisches Beispiel dafür ist das Auftreten der Sojabohne in der amerikanischen Landwirtschaft. Die Vereinigten Staaten sind nächst der Mandschurei der wichtigste Produzent dieser Frucht geworden, die im Süden an die Stelle abnehmenden Baumwollanbaues, im Norden an die Stelle des Hafers tritt — Wandlungen, die von staatlichen Forschungsinstituten und Organisationen geleitet werden. Diese Wandlungen sind keineswegs abgeschlossen. Der Baumwollgürtel im Süden ist ein im Zusammenbruch befindlicher Rohstoffraum, der sich auch heute noch nicht auf die veränderten Marktverhältnisse eingestellt hat.

Wirtschaftlich interessant ist das große Waldgebiet im äußersten Süden der Staaten: Sumpfwälder in den Flußmündungsgebieten und Kiefernwälder in den Sandgebieten zwischen den Flüssen. Die Wälder sind unendlich weit und bilden eine letzte große Reserve, an der aber auch heute noch ein erstaunlicher Raubbau getrieben wird. In der verwüsteten Waldlandschaft ist eine Pionierfront entstanden, die aber von sehr ärmlichem Charakter ist. Man muß schon bis nach Florida gehen, um wieder in eine hochentwickelte Landschaft zu kommen, die auch zu einem Siedlungsraum geworden ist (Rentnersitze).

Auch auf dem Gebiet der Bergbauwirtschaft vereinen sich ungeheurer Reichtum und Raubbau. Nur die hochwertigsten Erze werden ausgebeutet; das andere wird in der Erde gelassen oder auf Halde geworfen. Die Folge ist ein rasches Erliegen der Bergbausiedlungen.

Im ganzen also sehen wir als wesentliches Kennzeichen der Wirtschaft der Vereinigten Staaten Überproduktion sowohl an Nahrungsmitteln wie an mineralischen Rohstoffen.

Es folgten nun Besuche der westindischen Inseln. Die Überfahrt nach *Cuba* führte zunächst nach der Hauptstadt Havanna, einer schönen Tropenstadt, die von weiten Zuckerrohrebenen umgeben ist; in den gebirgsnahen und deshalb niederschlagsreicheren Teilen der Ebenen wird Tabak gebaut. Es ist eine alte Kulturlandschaft mit kleinen Städten spanischen Charakters. Auf dem Zuckerrohranbau beruht eine mächtige, mit amerikanischem Kapital betriebene Zuckerindustrie.

Dann ging es im Flugzeug nach *Jamaica*, das der Vortr. als eine der schönsten Inseln kennzeichnete. Sie ist gebirgig, mit nur schmalen Küstenebenen, wo amerikanisches Kapital die Bananenwirtschaft aufgebaut hat. Im Gebirge, das von Negern bewohnt ist, findet sich eine eigenartige Wirtschaftsform. Diese Neger betreiben auf ganz kleinen wirtschaftlichen Einheiten einen sehr vielseitigen Anbau für den Eigenbedarf. Daneben aber produziert jeder auch für den Weltmarkt (z. B. Bananen, Kaffee, Ingwer), und diese nicht unbedeutenden Weltwirtschaftsgüter werden von großen Organisationen zusammengekauft.

Auch auf *Haiti* gibt es eine Produktion der Neger für den Weltmarkt, ebenfalls auf kleinen Besitzeinheiten, aber hier einseitig auf Kaffee eingestellt. — *San Domingo* produziert Zucker, Kaffee und Kakao.

Auf dem amerikanischen *Puerto Rico* stehen wiederum die Küstenebenen im Dienste der Zuckerproduktion; im Gebirge wird Kaffee und Tabak gebaut. Bemerkenswert ist hier der Versuch, das Land, das in den Besitz großer Gesellschaften übergegangen ist, der eingeborenen Bevölkerung wieder in die Hände zu spielen. Erfolgreich sind die Amerikaner mit diesen Aufteilungsmethoden besonders im Gebirgsland gewesen, aber auch schon in den Ebenen, obwohl hier das Kapital stärker interessiert ist.

Alle diese Inseln zeigen ungelöste Probleme der Güterverteilung; das wirtschaftliche Leben wird überall stark durch Absatzschwierigkeiten beeinflußt.

Bei der Überfahrt nach Ostasien wurde *Hawai* besucht, auch ein amerikanisches Kolonialgebiet und wieder ein Zuckergebiet. Infolge von Arbeiterschwierigkeiten findet man hier die am stärksten mechanisierte Zuckerrohrwirtschaft der ganzen Welt. Daneben liefert die Inselgruppe 85% der Weltproduktion an Ananas, wovon 80% nach den Vereinigten Staaten gehen.

Mit *Japan* begann dann eine ganz andere Welt. Das Land macht trotz des Chinesischen Krieges einen außerordentlich geschlossenen Eindruck; infolge seiner günstigen wehrpolitischen Lage konnte der Außenhandel weitgehend aufrechterhalten werden. Die bis ins einzelne gepflegte Kulturlandschaft Japans stellt eine ungeheure Leistung dar, desgleichen das kolonisatorische Werk in Korea und der Mandschurei im Sinne der Erhaltung des militärisch Erworbenen.

Die Reise wurde durch die Mandschurei nordwärts fortgesetzt und der *russische* Raum erreicht. Die Fahrt durch Sibirien war für den Vortr. besonders interessant, da er sie 8 Jahre zuvor schon einmal gemacht hat und deshalb Vergleiche ziehen konnte. Er fand überall große Fortschritte. Sehr bedeutend ist die Entwicklung des Industrieaufbaues, besonders eindrucksvoll aber die grundsätzliche Umgestaltung der Agrarlandschaft durch die Kollektivierung: überall Großbetriebsflächen, auf denen geschlossene Arbeiterscharen tätig sind. Der ganze Betrieb ist motorisiert. Auch das Bild der Siedlungen hat sich geändert und wird durch neue, allerdings sehr primitive hölzerne Großbauten beherrscht. Soziologisch bedeutet diese Entwicklung die Auslöschung des Bauerntums durch den landwirtschaftlichen Arbeiter.

Rußland ist ein ungeheurer Rohstoffraum, der mit Deutschland vereint einen gewaltigen autarken Wirtschaftsblock ergeben könnte. Der Ausbau dieses Raumes — so betonte der Vortr. in seinem Schlußwort — darf nicht mehr England zufallen, sondern muß errungen werden für Deutschland!

In einem am 15. April 1940 gehaltenen Vortrag: **Scylla und Charybdis und die Gezeitenströmungen in der Straße von Messina** analysierte Herr A. DEFANT, Berlin, die in gesetzmäßigem Rhythmus vor sich gehenden Stromerscheinungen in dieser Meeresstraße. Einleitend verfolgte er die zuerst bei Homer vorkommende Sage von Scylla und Charybdis durch die antike und mittelalterliche Literatur und betonte, daß dieser Sage ein meereskundliches Phänomen zugrunde liege, dessen richtige Erklärung schon von ARISTOTELES und später von DANTE vorausgeahnt worden sei. Die erste naturwissenschaftliche Untersuchung veröffentlichte RIBAUD (1824); moderne ozeanographische Forschungen führten VERCELLI (1922/23) und MAZZARELLI (1938) durch.

Die geringsten Wassertiefen der Straße von Messina liegen auf dem Profil Punta Pezzo-Ganzirri, das eine mittlere Tiefe von nur 80 m aufweist; die Küsten sind hier nicht ganz 4 km voneinander entfernt. Die größten Tiefen auf diesem Querschnitt bilden zwei Durchlässe von etwa 120 m Tiefe. Von dieser Schwelle, die das Ionische Meer im Süden und das Tyrrhenische im Norden voneinander scheidet, senkt sich der Meeresboden nach beiden Seiten: südwärts ziemlich genau meridional bis zu Tiefen von 1200 m, nordwärts weniger rasch und unter scharfem Umbiegen nach Nordosten bis 300 m.

Die Gezeit in den beiden hier aneinanderstoßenden Meeren ist von ausgesprochen halbtägigem Typus; die Periode beträgt ziemlich genau 12 Mondstunden. Beide Meere aber verhalten sich in bezug auf die Eintrittszeit von Ebbe und Flut gegensätzlich, d. h. wenn das Ionische Meer Hochwasser hat, hat das Tyrrhenische Meer Niedrigwasser und umgekehrt. Dieser Gegensatz muß sich in der Straße von Messina ausgleichen. Innerhalb einer Strecke von etwa 3 km ändert sich die Phase der Gezeit um fast 6 Stunden. Um 0 Uhr und 6 Uhr besteht nahezu kein Niveauunterschied; um 3 Uhr und 9 Uhr dagegen beträgt der Unterschied etwa 27 cm, und zwar ist der Wasserspiegel um 3 Uhr nach Norden, um 9 Uhr nach Süden geneigt. Das Gefälle konzentriert sich auf den innersten Teil der Straße; auf einer Strecke von 12,2 km beträgt der maximale Niveauunterschied rund 1,7 cm auf 1 km, wodurch bei der Enge der Straße erhebliche Stundengeschwindigkeiten erzwungen werden. Zwischen 3 und 9 Uhr herrscht Strom nach Norden („rema montante"), zwischen 9 und 3 Uhr Strom nach Süden („rema scendente"); die Maximalgeschwindigkeiten in beiden Richtungen sind 2 m/sec.

Diese theoretischen Rechnungen sind an Beobachtungen zu prüfen, die durch Mareographen-Aufzeichnungen an verschiedenen Stellen der Straße und durch Strommessungen auf einer 15tägigen Ankerstation des Forschungsschiffes „Marsigli" (an der engsten Stelle der Straße auf 106 m Wassertiefe) gewonnen wurden. Die harmonische Analyse der Strommessungen durch VERCELLI hat es ermöglicht, die Stromverhältnisse in der ganzen Straße festzulegen. Im allgemeinen Mittel gibt es einen Strom, der unabhängig von der Gezeit immer vorhanden ist und als Ausgleichsströmung aufgefaßt werden muß: das leichtere tyrrhenische Wasser geht bis nahezu 30 m Tiefe nach Süden, darunter bis zum Meeresboden das kältere und salzreichere, also schwerere ionische Wasser nach Norden. Die Geschwindigkeiten sind klein (etwa 10 bis 50 cm/sec). Viel bedeutender sind die periodischen Gezeitenströme, die infolgedessen gleichmäßig die ganze Wassermasse erfassen und maximale Geschwindigkeiten von etwa 160 cm/sec aufweisen. Die Eintrittszeiten sind um 1,2 Stunden verfrüht; der Vortr. führt dies auf die Reibung zurück, besonders auf die durch die Verwirbelung zweier verschiedener Wasserarten entstehende innere (Turbulenz-) Reibung. Dadurch, daß der Gezeitenstrom längs der ganzen Straße nicht gleichzeitig kentert, treten in den engsten Teilen Stromkonvergenzen auf, die Sitz und Quelle turbulenter, aber ganz gesetzmäßiger Stromstörungen sind.

Das Auftreten der ersten von Süden kommenden Wassermassen spielt sich gegen 3 Uhr in Form einer Kopfwelle ab, der etwa 1 Stunde später eine zweite folgt; das schwere Wasser des Ionischen Meeres stürmt gegen das sich schon zurückziehende leichtere Wasser des Tyrrhenischen Meeres vor. Umgekehrt gleitet beim Beginn des von Norden kommenden Stromes das tyrrhenische Wasser ebenfalls in zwei Kopfwellen über das ionische Wasser. Hinter den Kopfwellen ist das Meer besonders unruhig. Die Höhe der Kopfwellen ist stark von der Windrichtung abhängig und kann durch diese bis zu $1^1/_2$ m Höhe gesteigert werden.

In Verbindung mit den Stromkonvergenzen stehen Wirbel mit vertikaler Achse, die besonders an drei Stellen beobachtet werden: vor Peloro (Charybdis), vor Scilla (Scylla) und vor der Hafenbarre von Messina. Diese — meist zyklonischen — Wirbel, die an der Oberfläche deutlich erkennbar sind, entstehen an den Konvergenzflächen durch gegenseitige Einwirbelungen verschiedener Wasserarten; die schwerere Wasserart sinkt, während sich die leichtere einwirbelnd darüberschiebt. Sie stehen ohne Zweifel zu der Bodenkonfiguration in ursächlicher Beziehung. Für kleinere Schiffe können diese Strömungen und Wirbel, deren Durchmesser manchmal mehr als 100 m beträgt, durchaus gefährlich werden, für größere kaum.

Die Wirbel vor Scilla sind heute fast bedeutungslos, sollen jedoch vor dem Versinken der höhlenreichen Felsen von Scilla (bei dem Erdbeben von 1783) gefährlicher gewesen sein. Darüber hinaus kann die Frage gestellt werden, ob die Wirbelstärken in der Straße von Messina im Altertum oder in vorhistorischer Zeit ganz allgemein größer gewesen sind und damit der homerischen Schilderung besser entsprochen haben könnten. Diese Möglichkeit besteht, wenn man annimmt, daß die Meeresstraße früher seichter und enger gewesen ist; eine Verringerung der mittleren Tiefe von jetzt rund 100 m auf etwa 50 m würde genügen. Da das Gebiet tektonisch sehr unruhig ist, ist eine solche Änderung durchaus denkbar. KURT KAEHNE.

Herausgeber und verantwortlicher Redakteur: FRITZ SÜFFERT, Berlin W 9.
Verlag von Julius Springer in Berlin W 9. — Druck der Spamer A.-G. in Leipzig.

Handbuch der Erbbiologie des Menschen

Unter Mitarbeit zahlreicher Fachgelehrter

in Gemeinschaft mit Professor Dr. **K. H. Bauer**-Breslau,
Dozent Dr. **E. Hanhart**-Zürich, Professor Dr. **J. Lange**†-Breslau

Herausgegeben von

Professor Dr. **Günther Just**-Berlin-Dahlem

In fünf Bänden

Gesamtumfang: LXXVII, 4905 Seiten mit 1734 Abbildungen im Text und auf 9 Tafeln
RM 770.—; gebunden RM 800.—

Erster Band

Die Grundlagen der Erbbiologie des Menschen

Bearbeitet von

K. Bonnevie, E. Hanhart, G. Heberer, P. Hertwig, G. Just, H. Nachtsheim, E. Rodenwaldt, N. W. Timoféeff-Ressovsky, H. Zwicky

Redigiert von Professor Dr. **G. Just**-Berlin-Dahlem

Mit 366 Abbildungen im Text und auf 6 Tafeln. XI, 739 Seiten. 1940

RM 121.50; gebunden RM 126.—

Inhaltsübersicht:

Genetische und entwicklungsphysiologische Grundlagen. Die Chromosomenverhältnisse des Menschen. Von Professor Dr. G. Heberer, Jena. Genetisch-entwicklungsphysiologische Grundlagen. Vorbemerkungen. Von Professor Dr. Kristine Bonnevie, Oslo, und Dr. N. W. Timoféeff-Ressovsky, Berlin-Buch. Allgemeine Erscheinungen der Genmanifestierung. Von Dr. N. W. Timoféeff-Ressovsky, Berlin-Buch. Tatsachen der genetischen Entwicklungsphysiologie. Von Professor Dr. Kristine Bonnevie, Oslo. Der Positionseffekt der Gene. Von Dr. N. W. Timoféeff-Ressovsky, Berlin-Buch. Schlußbemerkungen. Von Professor Dr. Kristine Bonnevie, Oslo, und Dr. N. W. Timoféeff-Ressovsky, Berlin-Buch. Die Entstehung neuer Erbanlagen. Allgemeines über die Entstehung neuer Erbanlagen. Von Dr. N. W. Timoféeff-Ressovsky, Berlin-Buch. Mutationen bei den Säugetieren und die Frage ihrer Entstehung durch kurzwellige Strahlen und Keimgifte. Von Professor Dr. Paula Hertwig, Berlin-Dahlem. Die Entstehung und Ausbreitung von Mutationen beim Menschen. Von Dozent Dr. Ernst Hanhart, Zürich. Die mendelistischen Grundlagen der Erbbiologie des Menschen. Von Professor Dr. Günther Just, Berlin-Dahlem. — **Konstitutionsbiologische und konstitutionspathologische Grundlagen.** Allgemeines über Konstitution. Von Dozent Dr. Ernst Hanhart, Zürich. Konstitution beim Säugetier. Von Professor Dr. H. Zwicky, Zürich. Konstitution beim Menschen. Von Dozent Dr. Ernst Hanhart, Zürich. — **Rassenbiologische Grundlagen.** Allgemeine Grundlagen der Rassenbildung. Von Professor Dr. Hans Nachtsheim, Berlin-Dahlem. Die jüngere Stammesgeschichte des Menschen. Von Professor Dr. G. Heberer, Jena. Allgemeine Rassenbiologie des Menschen. Von Professor Dr. Ernst Rodenwaldt, Heidelberg. Berichtigung zum Beitrag Abel „Physiognomik und Mimik" in Bd. II. Namenverzeichnis. Sachverzeichnis.

Jeder Abschnitt enthält ein Literaturverzeichnis

II. Band: **Methodik. Genetik der Gesamtperson.** Redigiert von **G. Just**, Berlin-Dahlem. Mit 289 Abbildungen im Text und auf 2 Tafeln. XI, 820 Seiten. 1940.
RM 123.—; gebunden RM 127.50

III. Band: **Erbbiologie und Erbpathologie körperlicher Zustände und Funktionen I: Stützgewebe. Haut. Auge.** Redigiert von **K. H. Bauer**, Breslau, **E. Hanhart**, Zürich, **G. Just**, Berlin-Dahlem. Mit 407 zum Teil farbigen Abbildungen. X, 750 Seiten. 1940.
RM 127.50; gebunden RM 132.—

IV. Band: **Erbbiologie und Erbpathologie körperlicher Zustände und Funktionen II: Innere Krankheiten.** Redigiert von **K. H. Bauer**, Breslau, **E. Hanhart**, Zürich, **G. Just**, Berlin-Dahlen. In zwei Teilen. Mit 397 zum Teil farbigen Abbildungen im Text und auf einer Tafel. XIII, X, 1272 Seiten. 1940. RM 210.—; gebunden RM 218.25

V. Band: **Erbbiologie und Erbpathologie nervöser und psychischer Zustände und Funktionen.** Redigiert von **G. Just**, Berlin-Dahlem, und **J. Lange**†, Breslau. In zwei Teilen. Mit 275 Abbildungen. XIV, VIII, 1324 Seiten. 1939. RM 188.—; gebunden RM 196.25

VERLAG VON JULIUS SPRINGER IN BERLIN

Soeben erschien:

Elektronengeräte

Prinzipien und Systematik

Von

Dr.-Ing. habil. **E. Brüche**

Direktor am AEG-Forschungsinstitut und Leiter des Physikalischen Laboratoriums

unter Mitarbeit von

Dr. phil. **A. Recknagel**

Wissenschaftlicher Mitarbeiter am AEG-Forschungsinstitut

Mit 597 Abbildungen und 10 Großbildern. XVI, 447 Seiten. 1941

RM 45.—; gebunden RM 48.—

In dem neu vorliegenden Werke wird versucht, die Mannigfaltigkeit der Elektronengeräte unter einheitlichen Gesichtspunkten zu behandeln. Diese systematische Darstellung des Gesamtgebietes zeigt zunächst die bestehenden Möglichkeiten und erläutert dann die Ausführung an den verschiedenen technischen Geräten. Die entsprechenden zwei Hauptteile lauten: Elektronenbewegung unter technischen Gesichtspunkten und Aufbau der Geräte. In den 5 Kapiteln des ersten Teiles finden die Elektronenbewegung im statischen und hochfrequenten Feld, prinzipielle Fragen über die Elektronenführung, Steuerprinzipien usw., Kunstgriffe der Strahlführung sowie die Aufbauelemente ihre Behandlung. Die 6 Kapitel des zweiten Buchteiles behandeln: Photozelle, Vervielfacher, Elektronenröhre, Magnetron, Lenardröhre, Röntgenröhre, Oszillographenröhre, Kaltkathoden-Oszillograph, Bildschreibröhre, Ikonoskop, Rastermikroskop, Elektronenmikroskop, Übermikroskop, Bildwandler, Vielfachbeschleuniger, Zyklotron, Barkhausen-Kurz-Röhre, Beugungsspektrograph, Geschwindigkeitsspektrograph, Massenspektrograph und andere Geräte mehr.

Inhaltsübersicht:

Erster Teil: **Die Elektronenbewegung unter technischen Gesichtspunkten.** Einführung: Die Elektronenstrahlung in ihrer technischen Bedeutung. A. Das Elektron im Feld. I. Die Elektronenbewegung im statischen Feld. a) Die Bewegung eines Elektrons. b) Das Elektronenbündel unter optischen Gesichtspunkten. c) Besonderheiten des elektronenoptischen Strahlenganges. II. Die Elektronenbewegung im Hochfrequenzfeld. a) Fragen der Bewegung. b) Energetische Fragen. B. Grundlagen technischer Anwendung. III. Prinzipielle Fragen. a) Befreiung von Elektronen aus dem Metall. b) Elektronenoptische Führungsprinzipien. c) Wahl der Energiegröße. d) Steuerungs-Prinzipien. e) Wiedereintritt der Elektronen ins Metall. f) Wechselwirkung mit dem äußeren Stromkreis. IV. Kunstgriffe der Strahlführung. a) Wahl und Gestaltung des Feldes. b) Geschwindigkeitseinfluß. c) Fragen der Geometrie des Strahlenganges. d) Mehrfachanwendung. e) Rückwirkung und Rückkopplung. V. Aufbauelemente. a) Quelle der Ladungsträger. b) Beeinflussungselemente mit statischen Feldern. c) Beeinflussungselemente mit Wechselfeldern. d) Nachweis der Ladungsträger. — Zweiter Teil: **Aufbau der Geräte.** Einführung: Terminologie und Systematik der Geräte. A. Elektronengeräte mit (quasi) statischen Feldern. VI. Intensitätsgeräte. a) Einfachste Intensitätsgeräte zum Umsatz von Strahlung in Strom (Photozelle). b) Intensitätsgeräte mit Sekundär-Elektronen-Verstärkung (Vervielfacher). c) Weitere Intensitätsgeräte mit Verstärkung. d) Intensitätsgeräte mit Steuerung (Elektronenröhre). VII. Lenard- und Röntgenröhre. a) Lenard- und Röntgenröhre unter einheitlichen Gesichtspunkten. b) Höchstspannungsröhre. c) Einzelheiten über die Röntgenröhre. d) Verwandte Röhrenformen. VIII. Strahlgeräte. a) Zur Theorie der Braunschen Röhre ohne Gaskonzentration. b) Kaltkathoden-Oszillograph. c) Glühkathoden-Gaskonzentrationsröhre. d) Glühkathoden-Hochvakuumröhre. e) Strahlgeräte als Bildfeldzerleger. IX. Abbildungsgeräte. a) Abbildung mit Elektronen. b) Elektronenmikroskop geringer Vergrößerung. c) Elektronen-Übermikroskop. d) Bildwandler. B. Laufzeit- und Spektralgeräte. X. Laufzeit-Geräte. a) Richtungsänderungen im Hochfrequenzfeld. b) Geräte zur Erzeugung schneller Teilchen (Vielfachbeschleuniger). c) Laufzeitgeräte zur Stromverstärkung (Vervielfacher). d) Erregung von Schwingungen. XI. Spektralgeräte. a) Die allgemeinen Fragen der Aufspaltung. b) Die allgemeinen Fragen der Fokussierung. c) Spektrographen für einparametrige Strahlung. d) Ältere Spektrographen für zweiparametrige Strahlung. e) Massenspektrographie mit doppelter Fokussierung. Schlußwort. Literatur. Anhang. Sachverzeichnis.

VERLAG VON JULIUS SPRINGER IN BERLIN

Für den Textteil verantwortlich: Fritz Süffert in Berlin W 9; für den Anzeigenteil: Albert Meyer in Berlin-Steglitz, Kühlebornweg 5.
Pl. 4. — Druck der Spamer A.-G. in Leipzig. — Verlag von Julius Springer in Berlin W 9.— Printed in Germany